COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-SOIXANTE-SEPTIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1918.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1918

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er JUILLET 1918.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *L'Observatoire de Godin, de Fouchy et de Bouguer; ses coordonnées* (1). Note (2) de M. G. BIGOURDAN.

Instruments. — Dans les premières années (1731-1735), cet observatoire possédait un quart de cercle *mural* et un quart de cercle *mobile*, ayant respectivement 3 et $2\frac{1}{2}$ pieds de rayon, — deux *pendules* au moins, — une machine *parallactique*, — enfin diverses *lunettes* de longueurs variées, allant jusqu'à 40 pieds.

Les longues lunettes de 24 à 30 pieds étaient manœuvrées par le moyen

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 1021.

(2) Séance du 24 juin 1918.

de cordages qui amenaient l'oculaire à un balcon d'observation [*Mach.* [1] *Acad.*, VI, 53-56 et 2 pl.]; et celle de 40 pieds était suspendue en plein air à un mât (*Id.*, 57-60 et pl.).

Une des pendules était à demi-seconde; une autre, destinée à l'usage de Godin, avait un échappement à deux leviers [Lem. [2], *Obs.* ☾, I, 5] et était placée près du mural.

Le quart de cercle mobile était installé, dit incidemment Le Monnier (*Id.*, 31), dans une tour spéciale qui, sans aucun doute, est celle décrite par Godin en 1732 (*Mach. Acad.*, VI, 49-52).

Mais l'instrument le plus souvent cité est le quart de cercle mural, qui appartenait à l'Académie des Sciences et avait été construit par Langlois; il fut installé en 1731, et son alidade portait une lunette de 5 pieds; Godin l'a décrit [3] et étudié en détail (*Mém. Acad.*, 1731, 194-222 et 5 pl.).

Il était abrité par un bâtiment qui, par sa disposition défectueuse, dit encore Le Monnier (*Obs.* ☾, III, 59), ne protégeait pas assez, contre le vent, la lumière que l'on plaçait en avant de l'objectif pour éclairer le champ.

Godin, qui le premier proposa la mesure d'un arc terrestre au voisinage de l'équateur, pour décider la question pendante de la figure de la Terre, emporta au Pérou divers de ces instruments, notamment un quart de cercle mobile; et de ce fait l'Observatoire dut être un peu désorganisé.

Il fut alors occupé par de Fouchy seul jusqu'en 1744, époque où, devenu secrétaire perpétuel, cet astronome vint habiter le grand Observatoire. Bouguer le remplace à partir du commencement de 1745 et y habite jusqu'à sa mort, en 1758, ainsi qu'il résulte de ses adresses imprimées [Adr., *C. des T.*] et de celles de quelques lettres familières à lui écrites en 1757 (C. 2, 8).

Observations. — Des trois astronomes en titre qui ont occupé successi-

---

(1) *Gallon.* Machines et Inventions approuvées par l'Académie (Abrév. : *Mach. Acad.*); 7 vol. in-4° dont les six premiers sont de 1735 et le dernier de 1767.

(2) [*P. Ch.*] *Le Monnier.* Observations de la Lune, du Soleil et des Étoiles fixes... (Abrév. : Lem., *Obs.* ☾.); in-fol., en 4 *Livres* publiés en 1751, 1754, 1759 et 1773.

(3) Godin ne dit pas explicitement qu'il parle de cet instrument, mais nous le savons par Lalande (*Mém. Acad.*, 1781, p. 544, et *Astr.*, II, p. 589, note). Si c'était nécessaire, on trouverait des confirmations dans Lem., *Obs.* ☾, et dans le registre de Le Monnier (C. 4, 1), qui, par exemple, donne la même valeur du tour de vis que le Mémoire de Godin.

vement cet observatoire, aucun n'a publié que des observations accidentelles (¹).

Le mural fut d'abord activement employé par Godin, qui l'avait obtenu de l'Académie en vue de former un catalogue d'étoiles, et qui en septembre 1732 avait déjà observé les hauteurs d'un grand nombre (LEM., *Obs.* ☾, I, p. vij). Comme nous n'avons pas ses manuscrits, nous ignorons ce qu'il y fit dans la suite. De Fouchy observa au mural les oppositions de Jupiter et de Mars en 1734 et 1735, mais ensuite il paraît l'avoir laissé inutilisé, comme aussi Bouguer qui cependant y fit quelques observations en 1748.

Celui qui l'employa le plus activement fut P.-Ch. Le Monnier, auquel de Fouchy le confia en 1732, et qui l'utilisa presque jusqu'au moment de son départ pour le voyage de Laponie en 1736, sauf une courte interruption, occasionnée par quelques difficultés avec Godin.

Il y avait entrepris la formation d'un catalogue d'étoiles zodiacales, auquel il dut renoncer en 1734 à cause de l'imperfection de l'éclairage du champ; et c'est là qu'il commença une longue série d'observations de la Lune (²), conformément au plan de Halley. Cet astronome avait émis l'idée que les erreurs des Tables lunaires se reproduisent périodiquement après chaque révolution des nœuds (Saros), de sorte qu'en déterminant empiriquement ces erreurs pendant une de ces périodes, et les appliquant aux lieux des Tables pour époques correspondantes des périodes suivantes, on aurait eu

---

(¹) Voici celles qu'ils ont publiées: on les trouve dans les *Mémoires* de l'Académie, à l'année correspondante; et les nombres entre ( ) sont ceux de la page. Parfois l'observateur n'indique pas même la *ville* où est faite l'observation, comme il arrive pour celles que nous marquons de deux astérisques (**); et très souvent le *point* de Paris n'est pas spécifié, ce que nous marquons d'un astérisque (*); malgré cela on ne peut douter que ces observations aient toutes été faites à l'observatoire de l'impasse de Vignes.

GODIN. *Ecl.* ☾ : 1729 août 8** (346), — 1731 juin 20** (231), — 1732 déc. 1* (484) — *Ecl.* ☉ : 1733 mai 13* (149).

DE FOUCHY. *Ecl.* ☾ : 1731 juin 20** (231), — 1732 déc. 1* (484); — *Ecl.* ☉ : 1733 mai 13** (151); — *Ecl.* ☾ : 1735 oct. 2** (477), — 1736 sept. 20* (319); — *Occult.* ♃ ; 1737 nov. 9* (467); — *Ecl.* ☉ : 1738 août 15 (383).

BOUGUER. *Ecl.* ☾ : 1748 août 8** (341), — 1750 déc. 13 (340), — 1751 déc. 2 (268).

(²) Ces observations faites rue des Postes sont publiées, au moins en partie, dans *Obs.* ☾, I, p. 1-44. Le registre manuscrit autographe est à l'Observatoire (C. 4, 1).

les lieux de la Lune avec assez de précision pour le calcul des longitudes à la mer.

Conformément à ce plan, que Halley commença de mettre à exécution par une série de 9 années d'observations, Le Monnier entreprit de continuer; et c'est ce qu'il fit d'abord au mural de l'impasse des Vignes, de 1733 à 1736. Mais après cette période, l'instrument fut peu employé; il resta en place toutefois jusqu'à la mort de Bouguer, car l'année suivante, 1759, Jeaurat y prit encore quelques hauteurs [*Sav. Étr.* (1), IV, p. 188].

C'est à cette date que l'on peut placer la fin de l'observatoire dont nous parlons, et dont l'horizon commençait d'être masqué dans certaines directions, puisque en 1753 Bouguer dut se déplacer pour observer le passage de Mercure du 6 mai.

En 1782, le mural fut installé au Collége de France (2), mais sans doute il était alors démonté depuis un certain temps, car les héritiers indirects de Bouguer, les seuls qu'il laissât, paraissent s'être hâtés d'entrer en possession; en effet, « les Papiers et les Instruments de M. Bouguer avaient été vendus ou dissipés pendant les vacances de l'Académie » qui suivirent immédiatement sa mort, arrivée le 15 août 1758 (3).

Dès l'année suivante, l'immeuble de l'impasse des Vignes appartenait à François Duflos (4), « tenant pension », et passa ensuite à sa sœur Mme Saulnier, puis au séminaire du Saint-Esprit qui l'acquit en 1820. En 1883, une partie de l'emplacement, jusqu'au point C ci-dessus, fut achetée par l'École Normale supérieure (5); cette partie ne renferme aujourd'hui

(1) MÉMOIRES DE MATHÉMATIQUE ET DE PHYSIQUE, *présentés à l'Académie Royale des Sciences, par divers Savans et lus dans ses Assemblées.* (Abrév. : *Sav. Étr.*). In-4°, 11 volumes, 1750-1786.

(2) Lalande : *Mém. Acad.*, 1779, p. 544, et *Astr.*, II, p. 589, note.

(3) *Bouguer.* TRAITÉ D'OPTIQUE SUR LA GRADATION DE LA LUMIÈRE. In-4°, 1760. *Avertissement*, par La Caille, éditeur, p. vij.

(4) Deux de ses frères, Jacques Duflos et J.-M. Duflos, appartenaient à la congrégation du Saint-Esprit, et le dernier en fut le 5e supérieur, de 1788 à 1805. Voy. *H. Le Floch.* CL.-FR. POULLART DES PLACES, *fondateur du Séminaire et de la Congrégation du Saint-Esprit.* Paris, in-8°, 1915, p. 450.

(5) Rappelons à cette occasion qu'en 1852 un équatorial de 0^{m},24 d'ouverture, destiné à l'usage de Le Verrier, fut commandé à Porro et devait être installé sous une coupole dans les jardins de l'École Normale. Mais l'installation n'a jamais eu lieu. Cet instrument fut cause de contestations, et même d'un recours de Porro devant le Conseil d'État, recours appuyé par une brochure de 28 pages in-4°.

aucun vestige des constructions du XVIIIe siècle, mais dans l'autre il existe encore une maison qui longe la rue Rataud, et qui doit être celle habitée par Godin et de Fouchy, puis par Bouguer. En 1757, et dans les deux premiers mois de 1758, Bouguer y exécuta, parfois dans sa chambre même, les mesures photométriques qui lui permirent de compléter à peu près la deuxième édition de son célèbre *Traité d'Optique*, et dont il existe de nombreuses Notes à l'Observatoire (C. 2, 8). C'est là aussi sans doute qu'il conçut l'idée de l'héliomètre, dont il publia la description en 1748.

Cette maison ne tardera pas à disparaître, car elle se trouve sur l'emplacement de la rue de l'Abbé-de-l'Épée, dans une partie dont le prolongement est décidé depuis longtemps, et même amorcé dans le voisinage.

Coordonnées. — Ce sont celles de mural, seul instrument fixe de l'observatoire, qu'il y aurait lieu d'adopter; mais nous ne connaissons pas son emplacement exact. Le plan de Turgot montre, au sommet de l'angle CDK, une petite construction carrée qui pourrait être l'abri de cet instrument, et qui répond tout à fait à la lettre même de l'indication fournie par le registre de Le Monnier. Les coordonnées du mural seraient alors 684^m E et 630^m N. Mais en raison du doute qui plane sur le point exact où se trouvait cet instrument, il paraît préférable d'adopter les coordonnées du milieu de l'ensemble du terrain, et qui sont 695^m E et 651^m N, d'où l'on déduit :

$$\Delta\mathcal{L} = 0'34'',09 = 0^m 2^s,273 \qquad \Delta\varphi = +0'21'',08 \qquad \varphi = +48°50'32'',08.$$

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la détermination des vitesses radiales avec le prisme objectif.* Note de M. **Maurice Hamy**.

Dans une Communication antérieure (1), j'ai exposé le principe d'une méthode de détermination des vitesses radiales, à l'aide du prisme objectif, comportant l'emploi d'un spectre de comparaison. Elle consiste essentiellement à photographier, sur une même plaque, le spectre de l'astre étudié, puis celui de la source de comparaison, disposée au foyer d'un collimateur, l'incidence des rayons, sur le prisme, pouvant être différente dans les deux

(1) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 81. Pour l'historique du sujet, voir Schlesinger, *Proceedings of the American philosophical Society*, 1912, p. 175.

cas. Grâce à un système optique additionnel, des images de repère s'enregistrent, en même temps que les spectres, sur la plaque sensible, et permettent d'éliminer les effets des déformations de l'instrument et de déterminer avec précision la différence des incidences. Connaissant, après mesure du spectrogramme, la distance angulaire d'une raie stellaire quelconque à une raie de comparaison voisine, on déduit de ces données la différence des carrés des indices de réfraction du prisme, correspondant aux raies en question. La connaissance de la différence des longueurs d'ondes des deux raies, directement en rapport avec la vitesse radiale de l'astre, se calcule ensuite immédiatement.

Un nouvel examen de la question m'a conduit à un autre type de spectrographe, présentant divers avantages sur l'ancien. Il évite notamment la détermination de la différence des incidences des faisceaux arrivant de l'astre et de la source de comparaison; d'où simplification du système optique et des manipulations à effectuer au cours des observations. Je me propose, dans ce qui suit, d'entrer dans quelques détails à ce sujet.

Entre l'incidence i et l'angle φ d'émergence d'un rayon monochromatique, de longueur d'onde λ, traversant un prisme taillé dans une matière d'indice n, on a la relation

$$\sin^2 i + \sin^2\varphi + 2\sin i \sin\varphi \cos A = n^2 \sin^2 A,$$

A désignant l'angle réfringent.

Combinant cette équation avec celle qui correspond à un second rayon, de longueur d'onde Λ, d'orientation définie par les paramètres I, Φ, N, analogues à i, φ, n, on arrive à l'expression

$$(1)\quad 4\sin\frac{I-i}{2}\cos\frac{I+i}{2}\left(\cos\frac{I-i}{2}\sin\frac{I+i}{2} + \cos A\cos\frac{\Phi-\varphi}{2}\sin\frac{\Phi+\varphi}{2}\right)$$
$$+ 4\sin\frac{\Phi-\varphi}{2}\cos\frac{\Phi+\varphi}{2}\left(\cos\frac{\Phi-\varphi}{2}\sin\frac{\Phi+\varphi}{2} + \cos A\cos\frac{I-i}{2}\sin\frac{I+i}{2}\right)$$
$$= (N^2 - n^2)\sin^2 A,$$

qui se simplifie et devient

$$(2)\quad 2(I-i)(\sin i + \cos A \sin\varphi)\cos i$$
$$+ 2(\Phi-\varphi)(\sin\varphi + \cos A \sin i)\cos\varphi = (N^2 - n^2)\sin^2 A,$$

lorsque $I - i$ et $\Phi - \varphi$ sont très petits.

Les relations (1) et (2) supposent que les rayons arrivent parallèlement

au plan de la section droite du prisme. S'ils font l'angle θ avec ce plan, il faut remplacer, dans les seconds membres, $(N^2 - n^2)$ par $\frac{N^2 - n^2}{\cos^2\theta}$.

Le nouveau spectrographe que je propose comprend deux prismes semblables, de même matière et immuablement liés l'un à l'autre, dont les bases se regardent en faisant un angle tel que des rayons parallèles puissent traverser l'un et l'autre, sous des angles peu différents. Les rayons réfractés rencontrent ensuite des objectifs O_1 et O_2, fournissant des images monochromatiques de la source dans les plans focaux P_1 et P_2.

Considérons un premier faisceau monochromatique, de longueur d'onde λ, tombant sur les deux prismes, sous les incidences i_1 et i_2 et se réfractant sous les angles φ_1 et φ_2. Désignons, d'autre part, par I_1, I_2, Φ_1, Φ_2, les angles analogues aux précédents, pour un second faisceau de longueur d'onde Λ. Les deux faisceaux étant supposés peu inclinés l'un sur l'autre, l'équation (2) donne

$$2(I_1 - i_1)(\sin i_1 + \cos A \sin\varphi_1)\cos i_1 + 2(\Phi_1 - \varphi_1)(\sin\varphi_1 + \cos A \sin i_1)\cos\varphi_1 = (N^2 - n^2)\sin^2 A$$

et

$$2(I_2 - i_2)(\sin i_2 + \cos A \sin\varphi_2)\cos i_2 + 2(\Phi_2 - \varphi_2)(\sin\varphi_2 + \cos A \sin i_2)\cos\varphi_2 = (N^2 - n^2)\sin^2 A.$$

Mais on a identiquement, vu la disposition des prismes,

$$I_1 - i_1 + I_2 - i_2 = 0.$$

On tire, en conséquence, des équations précédentes

$$(3)\quad \frac{(\sin\varphi_1 + \cos A \sin i_1)\cos\varphi_1}{(\sin i_1 + \cos A \sin\varphi_1)\cos i_1}(\Phi_1 - \varphi_1) + \frac{(\sin\varphi_2 + \cos A \sin i_2)\cos\varphi_2}{(\sin i_2 + \cos A \sin\varphi_2)\cos i_2}(\Phi_2 - \varphi_2) = \frac{N^2 - n^2}{2}\sin^2 A\left[\frac{1}{\sin i_1 + \cos A \sin\varphi_1)\cos i_1} + \frac{1}{(\sin\varphi_1 + \cos A \sin i_1)\cos\varphi_1}\right].$$

La mesure des clichés fournit les différences $\Phi_1 - \varphi_1$, $\Phi_2 - \varphi_2$; en conséquence, si l'on connaît, à quelques minutes près, les angles figurant dans l'équation précédente, on peut en déduire la valeur de $N^2 - n^2$, puis celle de $\Lambda - \lambda$.

La nécessité où l'on se trouve d'avoir des valeurs approchées des angles, figurant dans la formule (3), rend obligatoire l'adjonction d'un viseur au spectrographe et faisant corps avec lui. Les rayons fournissant les images, pointées avec ce viseur, arrivent ainsi sur les prismes sous des incidences

toujours sensiblement les mêmes, à déterminer une fois pour toutes. Les autres angles s'en déduisent facilement.

En raison de la déviation des rayons, le spectrographe affecte nécessairement la figure d'un secteur de cercle dont les prismes occupent la région voisine du sommet. Cette forme, d'une grande rigidité, offre l'avantage de fournir un instrument à l'abri des flexions, dans le sens parallèle à la dispersion.

On obtiendrait une relation entièrement générale entre les Φ, les I, les φ et les i, en partant de l'équation (1), au lieu de (2). Elle s'applique à deux raies non immédiatement voisines.

D'ailleurs, il faut remplacer, dans cette relation, aussi bien que dans la relation (3), $N^2 - n^2$ par $\frac{N^2 - n^2}{\cos^2\theta}$, si les rayons venant des deux sources sont inclinés, de l'angle θ, sur le plan de la section droite des prismes.

On a supposé implicitement, dans ce qui précède, que l'appareil reste identique à lui-même, pendant le temps qui s'écoule entre l'inscription du spectre de l'astre et celui de la source de comparaison. Mais on peut voir qu'un petit déplacement d'ensemble du double prisme, entre les deux poses du spectre de l'astre et du spectre de comparaison, n'affecterait pas les résultats, du moment où l'étendue angulaire de la région du ciel, embrassée par l'instrument, ne dépasse pas l'ordre du degré, étant entendu, en outre, que le chercheur doit être réglé de façon que la direction du centre de la dite région possède la même incidence, par rapport aux deux prismes. Grâce à cette propriété, il est possible d'obtenir le spectre de comparaison, en orientant le spectrographe de façon à y faire pénétrer les rayons émis par un collimateur fixe, si l'on ne veut pas s'astreindre, pour plus de correction, à inscrire ce spectre dans la position même occupée par l'appareil, pendant la pose du spectre astronomique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'influence du corroyage sur les propriétés mécaniques de l'acier.* Note de M. **Georges Charpy**.

On admet assez généralement que pour faire acquérir à l'acier le maximum de qualité qu'il est susceptible de présenter, il faut, après l'avoir coulé en lingots, lui faire subir, à haute température, par forgeage ou par laminage, une déformation d'une certaine importance. Dans un grand nombre de cahiers des charges français, on précise cette opinion en

considérant un « coefficient de corroyage » égal au rapport de la section primitive du lingot à la section finale de la pièce forgée, et en prescrivant que le coefficient de corroyage doit être supérieur à une valeur numérique déterminée, généralement 3 ou 4, quelquefois davantage.

L'origine de cette manière de voir n'est pas bien connue; il ne paraît pas avoir été fait d'expériences systématiques destinées à faire ressortir l'influence de la déformation produite à chaud sur les qualités de l'acier et les rares auteurs qui ont examiné cette question ont émis des vues contradictoires. Les prescriptions imposant un minimun de corroyage ont cependant une influence économique qui ne peut être négligée; elles conduisent à des dépenses excessives de combustible et de main-d'œuvre, et, dans bien des cas, à l'organisation d'outillages extrêmement dispendieux; le fait d'être obligé de couler, manutentionner et transformer des lingots au moins 3 ou 4 fois plus gros que les pièces les plus volumineuses qu'on se propose d'obtenir comporte évidemment des conséquences très onéreuses et qui doivent être justifiées par une amélioration incontestable des qualités. Il y a donc un intérêt sérieux à élucider cette question par des expériences précises.

Nous avons effectué sur ce sujet de nombreux essais dont la description ne peut trouver place ici et fera l'objet d'un Mémoire détaillé (1); mais il peut être utile de signaler la conclusion très nette à laquelle nous arrivons, qui est en contradiction avec l'opinion la plus répandue.

Si l'on compare les propriétés d'éprouvettes prélevées dans des conditions qui en assurent la comparabilité, dans des lingots identiques soumis à des déformations plus ou moins accentuées suivant une direction unique, on constate que l'effet de l'étirage est très variable avec l'orientation des barreaux d'épreuves. Cet effet, peu marqué sur la résistance maxima et l'allongement proportionnel mesurés dans l'essai de traction, se fait surtout sentir sur la striction, l'angle de flexion avant rupture dans l'essai de pliage par choc, et la résilience.

La grandeur du corroyage effectué à chaud sur un acier déterminé augmente ces trois propriétés dans les barreaux prélevés *en long* (parallèlement au sens de l'étirage), mais les réduit fortement dans les barreaux prélevés *en travers* (perpendiculairement au sens de l'étirage); pour les orientations intermédiaires, les résultats varient régulièrement avec l'inclinaison sur l'axe d'étirage.

(1) Dans la *Revue de Métallurgie*.

Voici, à titre d'exemple, quelques résultats obtenus sur un acier demi-dur très pur (acier à canons) :

Coefficient de corroyage.	Essais en long. Essais de traction R.	A.	Str.	Essais de résilience, 5.	Essais en travers. Essais de traction R.	A.	Str.	Essais de résilience, 5.
1,7....	91,2	20	111	6,5	90,9	18	76	5,3
3,2....	91,6	20	140	7,7	90,5	16	57	3,9
6,1....	90,5	22	170	9,9	90,6	12	31	3,5

La grandeur des variations dépend de la nature du métal; elle est beaucoup plus accentuée pour les métaux médiocrement purs et surtout pour les métaux souffleux ou présentant des ségrégations importantes et pour lesquels les allongements et les résiliences en travers deviennent pratiquement nuls, dès que l'étirage atteint une certaine valeur.

Si donc on a été conduit à attribuer au travail à chaud une influence bienfaisante, cela paraît être dû uniquement à ce que, dans la plupart des cas, on considère seulement des essais en long et qu'on a étendu indûment cette conclusion partielle même à certains produits, tels que les canons, pour lesquels on demande cependant des essais en travers. Pour les pièces de cette catégorie, l'étirage en long a sûrement un essai néfaste, au moins sur les épreuves mécaniques qui servent d'essais de réception.

Pour les pièces de forme plus complexe, le problème est différent dans chaque cas spécial. Le travail à chaud modifie les propriétés du métal suivant une loi complexe dans laquelle interviennent l'état initial du lingot et toutes les déformations successives, et dont le caractère dominant est de créer une hétérotropie très accentuée; il faut donc, pour apprécier son influence, rapprocher la distribution des propriétés ainsi réalisée, de la distribution des efforts dans la pièce en service. En effectuant cet examen, assez difficile d'ailleurs, on arrive à la conclusion qu'en accentuant systématiquement la grandeur de la déformation produite à chaud, on doit souvent arriver à un résultat inverse de celui qu'on recherche. En tout cas, la pratique qui consiste à imposer un coefficient de corroyage *minimum*, sans tenir compte des orientations et des déformations locales, correspond à une conception beaucoup trop élémentaire des phénomènes et ne peut être logiquement conservée sous sa forme actuelle.

M. R. de Forcrand fait hommage à l'Académie de la deuxième édition de son *Cours de Chimie à l'usage des étudiants P. C. N. et S. P. C. N.* Tome I : Généralités. Chimie minérale.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section d'Économie rurale, en remplacement de M. *Yermoloff*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 34,

M. Trabut obtient	. . . .	32 suffrages
M. Fabre »	. . . .	1 suffrage
M. Lesbre »	. . . .	1 »

M. Trabut, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. Roald Amundsen, élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, adresse des remercîments à l'Académie.

M. Lameere, élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. P. Boucherot prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la division, nouvellement créée, des *Applications de la Science à l'Industrie*.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une famille de déplacements, et sur une généralisation du dièdre.* Note de M. **Jules Andrade.**

I. Dans une Note récente, j'ai envisagé la *famille* des similitudes directes dont chacune peut être définie par un couple de rayons homologues empruntés à deux cycles T_0 et T_1, cycles dont les centres distincts, les axes distincts, et les longueurs R_0 et R_1 de leurs rayons sont donnés. Si l'on vient, en outre, à faire varier le rapport $\frac{R_1}{R_0}$, on peut associer ensemble celles de ces similitudes qui comportent le même déplacement d'orientation, et rattacher au même lien les déplacements relatifs de deux roues égales ayant mêmes centres et mêmes axes respectifs que les cycles T_0 et T_1.

II. J'ai défini, dans ma dernière Note, *le cercle des similitudes de deux cycles donnés;* dans cet ordre d'idées se pose tout d'abord le *problème réciproque* suivant. Pour deux cycles donnés T_0 et T_1, de rayons différents, chaque point M du cercle des similitudes de ces deux cycles peut-il *toujours définir immédiatement* la similitude précise dont ce point est le point double? Il importe de bien marquer l'importance de la signification de la question. Dans l'homothétie à échelle $\frac{R_1}{R_0}$ dont M est le pôle, soit μ le point de l'espace dont C_1 est le transformé, le point M appartient à l'axe d'une rotation capable d'amener C_0 en μ et l'axe du cycle T_0 sur l'axe du cycle T_1; l'axe de la rotation liée à M est donc assujetti aux conditions suivantes : 1° il est perpendiculaire à la droite γ, corde de jonction des images sphériques des directions des axes des cycles; 2° il appartient au plan élevé perpendiculaire sur $C_0\mu$ en son milieu; 3° il passe par M. Or ces conditions suffiront pour déterminer cet axe, *pourvu que* C_0 *et* μ *soient distincts et que* $C_0\mu$ *ne soit point parallèle à la corde* γ; ce cas critique peut-il se présenter? Un calcul assez simple, limitable d'ailleurs au cas où les cycles ont centres distincts et plans distincts, répond : *ce cas critique peut en effet se présenter lorsque le segment* C_0C_1 *est perpendiculaire à la corde* γ, la position correspondante de M partage extérieurement le segment C_0C_1 dans le rapport $\frac{R_1}{R_0}$, le segment $C_0\mu$ se réduit alors à zéro et la rotation liée à M a pour axe la droite C_0C_1; le déplacement de solide lié à cette similitude serait alors un déplacement de vis dont l'axe central est C_0C_1.

III. La corde γ, dont la direction joue ici un rôle fondamental, n'est autre que celle de la *bisectrice intérieure* de tout angle rectiligne du dièdre qui serait engendré par le plan du cycle T_0 tournant autour de l'intersection des plans des cycles de manière à coucher le cycle T_0 dans le plan du second cycle en un cycle θ de même sens que T_1 Cette direction γ joue ainsi un rôle important dans le problème suivant :

IV. Dans la famille des similitudes appuyées sur les cycles T_0 et T_1, peut-il en exister une, pour laquelle l'axe de la rotation attachée au pôle M de similitude soit perpendiculaire au plan MC_0C_1? Envisageons un plan Q mené par C_0C_1 et parallèle à la corde γ; les axes des deux cycles font des angles égaux avec toute direction perpendiculaire à γ et en particulier avec une normale au plan Q; par conséquent, une rotation autour d'un axe normal au plan Q et dont l'étendue angulaire sera égale à l'angle α *orienté* que fait la direction de la projection sur le plan Q du second axe avec la direction de la projection analogue de l'axe du premier cycle est capable d'amener la direction du premier axe en coïncidence avec celle du second, d'où la construction suivante :

Soient S′ et S les deux points partageant C_0C_1 dans le rapport $K = \frac{R_1}{R_0}$; décrivons dans le plan Q la circonférence dont SS′ est un diamètre et déterminons sur cette circonférence *le* point d'où l'on voit le segment C_0C_1 sous l'angle α orienté.

Ce point sera le pied d'un axe de rotation normal à Q et le pôle d'une homothétie à échelle K, ces transformations associées fournissant le point C_1 comme homologue de C_0 et l'axe de T_1 comme homologue de l'axe de T_0.

Le point obtenu est donc bien le pôle M de l'une des similitudes appuyées sur les cycles T_0 et T_1, mais dont l'axe de la rotation associée est perpendiculaire au plan MC_0C_1.

Complétée par une homothétie de pôle C_1 et d'échelle $\frac{1}{K}$, cette transformation ponctuelle nous donne les théorèmes suivants :

V. Étant donnés deux cycles égaux, il existe toujours une rotation convenable, autour d'un axe A convenable, capable de coucher le premier cycle sur le second; exceptionnellement (si la ligne des centres C_0C_1 est parallèle à la corde γ) il peut y avoir une infinité d'axes A; en ce cas leur

ensemble forme un faisceau plan, le sommet de ce faisceau est alors un point commun aux axes des deux cycles, le plan du même faisceau est perpendiculaire à C_0C_1 et en son milieu.

L'axe A d'une rotation capable de superposer le cycle T_0 sur un cycle égal donné mérite un nom particulier; je l'appellerai *arête* ou *ligne de faîte* du système des deux cycles.

Cet axe mis en évidence par une sorte de généralisation du *dièdre* paraît appelé à jouer un rôle utile en Géométrie appliquée, par exemple dans la classification des mécanismes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur deux polynomes associés aux polynomes de Legendre.* Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Appell.

Nous avons montré récemment [1] que la fonction de Legendre de seconde espèce, $Q_n(z)$, pouvait être mise sous une forme très simple

$$Q_n(z) = \frac{1}{2} P_n(z) \log \frac{z+1}{z-1} - \frac{z P_n(z) - B_n(z)}{z^2 - 1},$$

grâce à l'introduction du polynome $B_n(z)$, de degré $n-1$, lié au polynome $P_n(z)$ de Legendre par l'identité

$$A_n(z) P_n(z) + B_n(z) P'_n(z) \equiv 1,$$

$A_n(z)$ étant un polynome de degré $n-2$. Ces deux polynomes A_n et B_n ont d'intéressantes propriétés : nous allons énoncer les principales, sans démonstration. Les polynomes A_0, A_1 et B_0 n'existent pas; mais pour que les formules que nous allons indiquer soient valables quel que soit n, nous poserons, par convention,

$$A_0 = 1, \qquad A_1 = 0, \qquad B_0 = z.$$

1. Entre trois polynomes B consécutifs existe la formule de récurrence suivante

$$(n+1) B_{n+1}(z) + n B_{n-1}(z) = (2n+1) z B_n(z),$$

la même qu'entre trois polynomes P consécutifs. La formule de récurrence

[1] *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 759.

liant trois polynomes A consécutifs,

$$n\,A_{n+1}(z) + (n+1)\,A_{n-1}(z) = (2n+1)\,z\,A_n(z)$$

est la même qu'entre trois polynomes P′ consécutifs.

2. Diverses relations de récurrence existent entre les A et les B :

$$\begin{aligned} z A_n - A_{n-1} + n B_n &= 0, \\ A_n - z A_{n-1} + n B_{n-1} &= 0, \\ (z^2-1)A_n + n(z B_n - B_{n-1}) &= 0, \\ (2n+1)B_n &= A_{n-1} - A_{n+1}. \end{aligned}$$

On remarquera que ces formules s'obtiennent à partir des relations de récurrence qui existent entre les P et les P′, en y remplaçant P_i par B_i et P'_i par $-A_i$.

3. Le polynome A_n satisfait à une équation différentielle du second ordre, linéaire et avec second membre, de forme particulièrement simple

$$(z^2-1)y'' - n(n+1)y = 4\,P''_n(z).$$

La formule suivante fait connaître la fonction génératrice de B_n :

$$\sum_{n=0}^{n=\infty} h^n\,B_n(z) = \frac{z^2-1}{\sqrt{1-2hz+h^2}} \log\left[e^{\frac{z}{z^2-1}}\, \frac{z-h+\sqrt{1-2hz+h^2}}{z+1} \right].$$

4. On peut obtenir de très nombreux développements en séries où figurent des polynomes A et B, tels que les suivants :

$$\begin{aligned} 1 - z A_n &= B_1 + 2z B_2 + 3z^2 B_3 + \ldots + n z^{n-1} B_n \\ -A_n &= (2n-1)B_{n-1} + (2n-5)B_{n-3} + (2n-9)B_{n-5} + \ldots, \end{aligned}$$

le dernier terme étant ici $2B_1$ ou $5B_2$ suivant que n est pair ou impair.

Le développement suivant est particulièrement remarquable :

$$\frac{1}{y-x}\left[\frac{x^2-1}{2}\log\frac{y-1}{y+1} - x\right] = \sum_{n=0}^{n=\infty} (2n+1)\,B_n(x)\,Q_n(y).$$

5. Enfin on peut citer un certain nombre de propriétés d'intégrales défi-

nies, entre autres

$$\int_{-1}^{+1} B_n(z) P'_n(z)\, dz = 2,$$

$$\int_{-1}^{+1} (1-z^2)^n \frac{d^n B_{n+1}}{dz^n}\, dz = n!\, \frac{2^{n+2}}{3(n+1)},$$

$$\int_{-1}^{+1} (1-z^2)^n \frac{d^n A_{n+2}}{dz^n}\, dz = n!\, \frac{2^{n+2}(2n+3)}{3(n+1)}.$$

6. Nous indiquerons, pour terminer, les valeurs particulières suivantes :

$$B_n(1) = 1, \quad B_n(-1) = (-1)^{n+1}, \quad A_n(1) = 1 - \frac{n(n+1)}{2}, \quad A_n(-1) = (-1)^n A_n(1),$$

et nous signalerons que les $(n-1)$ racines de B_n séparent les n racines de P_n; que les $(n-2)$ racines de A_n séparent les $(n-1)$ racines de P''_n, et séparent également les $(n-1)$ racines de B_n.

Nous avons donné ailleurs les valeurs de A_n et B_n sous forme de déterminants ([1]), ainsi que des formules ([2]) se rapportant aux polynomes A_n^ν et B_n^ν associés aux polynomes C_n^ν de Gegenbauer, extensions des polynomes de Legendre. Notons que, dans ce dernier cas, la formule de récurrence liant trois polynomes B_n^ν consécutifs,

$$(n+2\nu) B_{n+1}^\nu + n B_{n-1}^\nu = 2(n+\nu) z B_n^\nu,$$

n'est pas la même que pour trois polynomes C_n^ν consécutifs.

THERMODYNAMIQUE. — *Thermodynamique basée entièrement sur le principe de Carnot. Seconde température absolue.* Note de M. C. **Raveau**.

I. La Thermodynamique classique n'utilise qu'une combinaison des deux propriétés fondamentales des cycles de Carnot. Elle ne définit qu'une température absolue T, à partir des deux quantités de chaleur mises en jeu dans la description d'un cycle. Cependant ces deux quantités sont au travail produit dans des rapports déterminés, qui ne dépendent que des températures des sources, et il est possible de définir une seconde température

---

(1) *Sur les surfaces de Poincaré* (Thèse de doctorat, 1918).

(2) *Proceedings of the Royal Society of Edinburg*, session 1917-1918, p. 65-67.

absolue, qui reste indépendante de la première tant qu'on n'invoque que le seul principe de Carnot.

L'introduction du principe de l'équivalence fait donc disparaître une fonction absolue de la température. Nous dirons la même chose en exprimant une conséquence évidente des deux propriétés rappelées plus haut : l'équivalent mécanique de la chaleur, mesuré sur un cycle réversible infiniment petit du second ordre, n'est fonction que de la température. Les formules écrites sans faire appel au principe de l'équivalence ne diffèrent des relations classiques que par la substitution à E d'une fonction de la température, qui dépend elle-même des deux températures absolues.

L'équivalence absolue, indépendante de la température, est vraie pour tous les corps si elle l'est pour un seul. Admettre l'existence de gaz parfaits, c'est admettre l'équivalence sans restriction.

II. Définissons maintenant la seconde température absolue.

Les aires de deux cycles de Carnot qui empruntent un même segment de l'isotherme t sont entre elles dans un rapport déterminé, qui ne dépend que de la température t et de celles des deux autres sources t_1 et t_2. Le rapport ne change ni avec le segment choisi de l'isotherme t ni avec la nature du corps qui décrit les cycles. D'autre part, l'aire de chacun de ces cycles peut être considérée comme la différence $W_1 - W_t$ ou $W_2 - W_t$ des aires de deux autres cycles qui empruntent un même segment d'un isotherme quelconque t_0. Le quotient de ces différences est déterminé par le choix de la triade t, t_1, t_2 et l'on peut écrire

$$(1) \qquad \frac{W_1 - W_t}{W_2 - W_t} = \frac{\theta_1 - \theta}{\theta_2 - \theta} \qquad \text{ou} \qquad \frac{W}{\Delta\theta} = \frac{W'}{\Delta\theta'} = \dots$$

θ est la seconde température absolue. θ est entièrement déterminé quand on se donne arbitrairement ses valeurs pour deux points fixes.

L'évaluation de θ n'exige aucune mesure calorimétrique. En théorie elle ne demande que des mesures d'aires sur un diagramme d'indicateur.

On peut encore remarquer que θ serait mesuré par l'aire d'un cycle de Carnot décrit par un corps thermométrique choisi une fois pour toutes, l'un des isothermes et les deux adiabatiques étant toujours les mêmes. Une étude préalable du corps thermométrique réduirait les opérations physiques à la description d'un segment d'isotherme à la température considérée.

S'il y a équivalence absolue entre le travail et la chaleur, l'équation (1)

convient également à la température absolue T. C'est dire que, s'il existe des gaz parfaits, les deux températures absolues se confondent.

III. Passons aux propriétés différentielles. Appelons $d\theta$ la différence des secondes températures absolues de deux points infiniment voisins et $d^2 w$ l'aire du cycle de Carnot qui admet ces deux points comme sommets opposés; de l'équation (1) résulte que : *le quotient* $\frac{d^2 w}{d\theta}$ *est une différentielle totale exacte.*

Cela signifie que les trois quantités égales

$$(2) \qquad \frac{1}{l}\frac{\partial p}{\partial \theta}, \qquad -\frac{1}{h}\frac{\partial v}{\partial \theta}, \qquad \frac{1}{C_\theta - c_\theta}\frac{\partial p}{\partial \theta}\frac{\partial v}{\partial \theta}$$

sont un même facteur intégrant de dQ. Cette condition d'intégrabilité se traduit par une équation qu'on peut lire ainsi : le rapport du terme en dt^2 au terme en dt, dans l'expression de l'aire d'un cycle de Carnot décrit entre t et $t + dt$, est égal à $\frac{\frac{1}{2}d^2\theta}{d\theta}$, c'est-à-dire qu'il n'est fonction que des températures des sources. Cette condition est une conséquence évidente de l'équation de définition (1); elle est nécessaire et suffisante pour que *le rendement soit déterminé rigoureusement*, et non à un infiniment petit près, *par* t *et* $t + dt$.

IV. Les quotients (2), multipliés par $d\theta$, représentent le rendement en travail d'un cycle de Carnot infiniment petit. Ces produits et les quotients eux-mêmes, facteurs intégrants de dQ, sont donc fonctions absolues de la température; ils sont proportionnels à $\frac{1}{T}$.

Appelons ε une constante qui dépend du choix de T, de celui d'une différence $d\theta$ ou $\theta_1 - \theta_2$ et des unités de travail et de quantité de chaleur. *L'aire d'un cycle de Carnot*, infiniment petit ou non, *a pour expression*

$$(3) \quad d^2 w = \varepsilon \frac{dQ}{T} d\theta = \varepsilon \frac{d\theta}{dT} \cdot \frac{dQ\, dT}{T}, \qquad W = \varepsilon \frac{Q(\theta_1 - \theta_2)}{T} = \varepsilon \frac{\theta_1 - \theta_2}{T_1 - T_2} \cdot \frac{Q(T_1 - T_2)}{T}.$$

La différentielle totale exacte définie plus haut est celle de l'entropie, exprimée ainsi indépendamment de toute quantité de chaleur. L'équivalent mécanique à chaque température est $\varepsilon \frac{d\theta}{dT}$.

Des relations (3) résulte que

$$p\, dv - \varepsilon \frac{dQ}{T} (\theta - \theta_0)$$

est une différentielle totale exacte. C'est l'expression du travail élémentaire, dans le cas où l'on ne dispose que d'une source à la température θ_0.

A l'énergie utilisable, à l'énergie interne, aux potentiels thermodynamiques correspondent donc, par seul changement de ET en $\varepsilon\theta$, des *fonctions dont l'existence résulte du seul principe de Carnot.* De même, en remplaçant E par $\varepsilon \frac{d\theta}{dT}$, on obtient les formules

$$l = \frac{T}{\varepsilon}\frac{\partial p}{\partial \theta}, \qquad \frac{\partial c_\theta}{\partial v} = \frac{T}{\varepsilon}\frac{\partial^2 p}{\partial \theta^2}, \qquad \ldots$$

L'inégalité fondamentale (148) de Gibbs s'écrit

$$-\varepsilon S \Delta\theta + v\Delta p - m_1 \Delta\mu_1 - \ldots - m_n \Delta\mu_n > 0.$$

Remarque. — Si l'on ne tient pas, comme dans l'exposé précédent, à séparer aussi longtemps que possible la seconde température absolue de la première, on peut arriver aux expressions (3) à partir de l'égalité

$$W = \varepsilon Q_1 f(t_1, t_2) = \varepsilon Q[f(t, t_2) - f(t, t_1)]$$

qui exprime l'additivité des aires de trois cycles de Carnot limités par les mêmes adiabatiques et les trois isothermes t, t_1, t_2. Pour que le second membre soit indépendant de t, il faut que chacun de ses termes soit la somme de deux autres. Le premier contiendra t seul, à l'exclusion de t_1 et de t_2; le second aura en facteur une combinaison de Q et de t indépendante de t. Enfin f s'annule avec $t_1 - t_2$, etc.

Je dois rappeler qu'une expression de l'aire du cycle de Carnot équivalente à (3) se trouve dans un Mémoire de sir Joseph Larmor (¹) dont je viens d'avoir connaissance. Dans ce travail, la seconde température absolue ne figure que tout à fait incidemment, le but de l'auteur étant de démontrer que l'équivalent mécanique de la chaleur ne peut pas dépendre de la température. D'autre part les différences de forme, dans les parties communes au travail de sir Joseph Larmor et à la présente Note, sont suffisantesp our que j'aie cru pouvoir ne rien retrancher de ma rédaction.

(¹) *On the Nature of Heat as Directly Deductible from the Postulate of Carnot* (*Proc. Roy. Soc.*, vol. 94, p. 326-339, et *Revue générale des Sciences*, 1918, n° 10, p. 295-301).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les combinaisons du sulfate neutre de zirconyle avec quelques sulfates alcalins* ($K - Na - NH^4$). Note de M. **Ed. Chauvenet** et de Mlle **H. Gueylard**, présentée par M. Haller.

Dans une précédente Communication nous avons démontré, par l'application de certaines méthodes physico-chimiques, que le sulfate acide de zirconyle se combine avec SO^4Na^2 et avec $SO^4(NH^4)^2$. Les mêmes méthodes nous ont permis de mettre en évidence l'existence de combinaisons du sulfate neutre de zirconyle avec certains sulfates alcalins ($K - Na - NH^4$).

La solubilité de $\left[Zr\langle{}^{O}_{SO^4}, SO^3\right]$ diminue en présence de SO^4K^2; en effet, du mélange de deux solutions $\frac{2N}{5}$ de sulfate acide de zirconyle et de sulfate de potassium, le premier sel se dépose en quantité considérable; à la précipitation de $\left[Zr\langle{}^{SO^4}_{O}, SO^3\right]$ succède bientôt une deuxième réaction; on constate en effet la formation dans la liqueur filtrée d'un deuxième produit répondant à la composition $\left[Zr\langle{}^{O}_{SO^3}\right]^3, SO^4K^2, 8H^2O$. Ce même sulfate prend encore naissance quand on ajoute SO^4K^2 à une dissolution de $Zr\langle{}^{O}_{SO^4}$. Nous rappelons en outre que du sein d'une liqueur étendue de sulfate de zirconyle (neutre ou acide) se dépose le sulfate basique $\left[Zr\langle{}^{O}_{SO^4}\right]^3, ZrO^2, 8H^2O$. On remarque que ces deux formules possèdent une grande ressemblance; nous allons montrer, par les résultats suivants, que Na et NH^4 se conduisent d'une manière à peu près analogue :

Chaleurs de mélange. Titre des dissolutions $\frac{N}{2}$. $v = 200$.

Système (Zr — Na). q. (cal)	Zr.	Na.	*Système* (Zr — NH⁴). q. (cal)	Zr.	NH^4.
— 50	180	20	— 26	180	20
— 60	160	40	— 34	160	40
— 73	140	60	— 40	140	60
— 85	120	80	— 47	120	80
— 75	100	100	— 40	100	100
— 65	80	120	— 34	80	120
— 52	50	150	— 25	50	150
— 37	20	180	— 15	20	180

Densité des mélanges solides à 23°,12
de 1 molécule de $Zr\langle^{O}_{SO^4}$ + *n molécules du sulfate alcalin.*

mol		mol	
0,25	D = 3,37	0,25	D = 2,95
0,50	3,22	0,50	2,74
0,66	3,12	0,66	2,59
1	3,08	1	2,50
1,50	3,02	1,5	2,35
2	2,95	2	2,2
3	2,82	3	»

L'examen des courbes construites avec les données précédentes indique l'existence des deux combinaisons :

$$\left[Zr\langle^{O}_{SO^4}\right]^3, 2SO^4Na^2 \quad \text{et} \quad \left[Zr\langle^{O}_{SO^4}\right]^3, 2SO^4(NH^4)^2.$$

En outre, nous avons trouvé deux hydrates correspondant à ces dérivés (¹) :

$$\left[Zr\langle^{O}_{SO^4}\right]^3, 2SO^4Na^2, 7H^2O \quad \text{et} \quad \left[Zr\langle^{O}_{SO^4}\right]^3, 2SO^4(NH^4)^2, 7H^2O.$$

La densité, l'indice de réfraction et la conductivité électrique des mélanges varient presque linéairement en fonction de la composition (¹). D'autre part, les produits anhydres étant peu solubles, il ne nous a pas été possible de mesurer la chaleur de fixation de *n* molécules du sulfate alcalin sur le sulfate de zirconyle. En résumé, le sulfate neutre de zirconyle fournit des combinaisons du type $\left[Zr\langle^{O}_{SO^4}\right]^3$, X ou $\left[Zr\langle^{O}_{SO^4}\right]$, 2X (X étant ZrO^2 ou un sulfate alcalin). Nous nous proposons de vérifier si X peut être une molécule différente des précédentes, un chlorure, un phosphate, un tartrate et un oxalate.

(¹) Nous publierons ailleurs nos résultats avec plus de détails.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la présence d'un alcaloïde fixe dans le genêt à balai.* Note de M. **Amand Valeur**, présentée par M. Ch. Moureu.

Il est extrêmement rare de ne rencontrer dans une plante qu'un seul alcaloïde. On peut, sans doute, poser en principe que la pluralité est la règle. Si des exceptions se rencontrent encore, c'est que l'un des alcaloïdes existe dans la plante en quantité tellement prépondérante, que l'isolement des autres présente de très grandes difficultés. Ce fut le cas de la nicotine, considérée pendant longtemps comme l'alcaloïde unique du tabac, jusqu'à ce que M. Amé Pictet eût démontré la présence, dans la nicotine brute industrielle, de plusieurs autres alcaloïdes. C'est également le cas de la spartéine, que Stenhouse retira en 1851 du genêt à balai (*Sarothamnus scoparius*), et qui semblait en être le seul alcaloïde.

J'ai pensé qu'on ne pouvait avoir quelque chance d'isoler d'autres bases du genêt, qu'en travaillant sur des produits industriels. Je me suis servi, comme matière première, des dernières eaux mères obtenues dans les cristallisations successives du sulfate de spartéine quand elles sont devenues impropres à l'obtention du sel par concentration. Les eaux mères se présentent sous la forme de liquides noirs, de densité 1,20 à 1,26 à 15°, de réaction neutre ou légèrement acide à l'hélianthine et au rouge Congo, dont l'odeur rappelle parfois la nicotine et parfois le miel. Elles sont très riches en sulfate de spartéine, alors que les autres alcaloïdes s'y trouvent en quantités relativement très faibles; aussi leur traitement présente-t-il certaines difficultés. J'ai pu néanmoins en isoler deux bases nouvelles, l'une fixe, l'autre volatile. La première seule fait l'objet de cette Note :

Les eaux mères du sulfate de spartéine sont d'abord, s'il est besoin, neutralisées à la soude, en se servant du rouge Congo comme indicateur, puis additionnées de trois fois leur volume d'une solution de CO^3Na^2 à 20 pour 100. On épuise ensuite à plusieurs reprises à l'éther, sans trop agiter, pour éviter les émulsions. La solution éthérée est lavée plusieurs fois à l'eau, séchée sur SO^4Na^2, puis privée d'éther par distillation. On obtient ainsi une huile brune, épaisse, qui est distillée dans le vide au bain d'huile, sans que la température de ce bain dépasse 250°. Il passe ainsi, entre 184° et 195° sous 19^{mm}-20^{mm}, une quantité abondante de spartéine, dont on vérifie la pureté par le pouvoir rotatoire ($\alpha = -2° 46'$ pour $l = 0^{dm},5$). Il reste un résidu qui se solidifie, par

refroidissement, en une masse présentant la couleur et la consistance de l'aloès, et dont le poids atteint 2 à 3 pour 100 de la matière mise en œuvre.

Cette masse, traitée par le chloroforme bouillant, ou mieux par un mélange de chloroforme et d'alcool, abandonne, par refroidissement, un produit blanc bien cristallisé qui est constitué par une combinaison de chloroforme et d'un nouvel alcaloïde, la *sarothamnine*.

Le rendement varie de 0,5 à 1 pour 100 des eaux mères du sulfate de spartéine industriel.

La *sarothamnine-chloroforme* fond à 127° avec vif dégagement de bulles de chloroforme; son pouvoir rotatoire en solution chloroformique à 4 pour 100 est de $[\alpha]_D = -38°,7$. Pour la priver entièrement de chloroforme qu'elle retient avec énergie, il convient d'opérer cette décomposition dans le vide. La perte constatée a été voisine de 20 pour 100 (19,78, 19,76 et 20,52). Le résidu, dissous dans l'alcool à 95° bouillant, laisse déposer par refroidissement la *sarothamnine-alcool éthylique* en beaux cristaux blancs de pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -25°,6$ en solution benzénique à 4 pour 100; ces cristaux sont fusibles vers 90° en perdant de l'alcool.

L'analyse a donné : C = 75,29; 74,73. H = 11,02; 10,59. N = 11,4. Perte d'alcool 9,36.

Le calcul donne pour une base $C^{15}H^{24}N^2 + \frac{1}{2}C^2H^6O$:

C = 75,24; H = 10,58; N = 10,98; Alcool = 9,01.

La perte en chloroforme s'accorde également avec la présence de $0^{mol},5$ de $CHCl^3$ dans la combinaison chloroformique.

Calculé pour $C^{15}H^{24}N^2 + \frac{1}{2}CHCl^3$:

$CHCl^3 = 20,47$.

La sarothamnine manifeste une remarquable faculté de combinaison avec certains dissolvants : c'est ainsi qu'elle s'unit également à l'alcool méthylique et au benzène, en donnant des combinaisons cristallisées. Par contre, je n'ai pu obtenir la base libre à l'état cristallin.

La sarothamnine se révèle comme monoacide à la phtaléine. La solution sulfurique froide réduit nettement le permanganate de potassium en solution étendue. La base est donc non saturée.

D'après les résultats qui précèdent, la sarothamnine $C^{15}H^{24}N^2$ posséderait 2^{at} d'hydrogène de moins que la spartéine $C^{15}H^{26}N^2$ et serait isomère

de la spartyrine, base résultant de l'oxydation ménagée de la spartéine. On pouvait donc espérer passer de la sarothamnine à la spartéine. Les essais d'hydrogénation que j'ai effectués, soit par le sodium et l'alcool, soit par l'acide iodhydrique et le phosphore, sont demeurés infructueux.

Les résultats qui précèdent appellent deux observations :

1° Étant donné le procédé d'extraction de la sarothamnine, qui comporte l'action d'une température relativement élevée (250°), il est possible que la base elle-même n'existe pas dans le genêt, mais résulte d'une décomposition ou d'une transformation d'un autre alcaloïde, peut-être oxygéné.

2° L'impossibilité où je me suis trouvé, en raison des circonstances, de compléter l'étude de la sarothamnine par la préparation et l'analyse d'un certain nombre de sels et dérivés, m'oblige à ne considérer que comme provisoire la formule que j'attribue à ce nouvel alcaloïde.

GÉOLOGIE. — *Observations tectoniques sur les environs de Martigues (Bouches-du-Rhône).* Note de Mlle **Yvonne Dehorne** et de M. **Léon Lutaud**, présentée par M. Émile Haug.

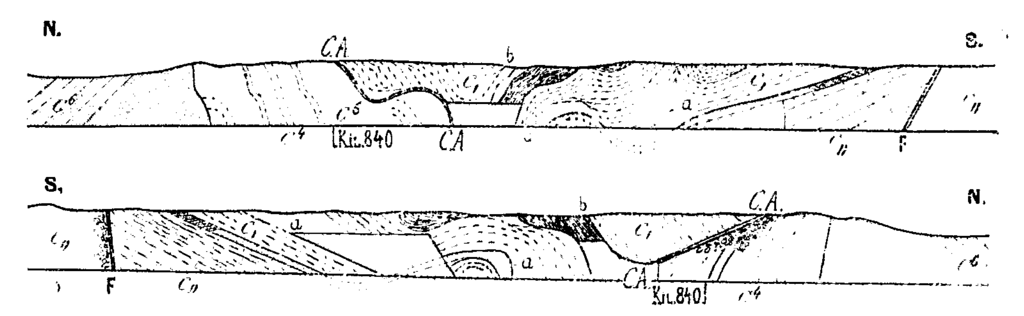
La série crétacée des environs de Martigues est représentée par un ensemble concordant de couches cénomaniennes, turoniennes et sénoniennes plongeant régulièrement vers le nord. Au sud, le Cénomanien est en contact direct avec l'Urgonien; mais au sud-est, au point où commence le vallon de la Gueule d'Enfer, le Cénomanien et l'Urgonien divergent et une bande d'Aptien s'intercale, qui s'élargit peu à peu vers la Mède et Châteauneuf. A l'ouest du méridien de Martigues, l'Aptien jusqu'à présent n'a pas été signalé.

Nous avons eu récemment l'occasion de suivre le tracé de la nouvelle ligne P.-L.-M. qui relie l'Estaque à Port-de-Bouc par la Couronne. Au sud de la gare de Martigues-Caronte (à 3km W-S-W de la ville), une importante tranchée a particulièrement retenu notre attention. Deux faits nouveaux y sont à signaler :

1° Le Cénomanien, bien représenté par trois bancs sableux à *Ostrea columba*, alternant avec des calcaires à Caprines, montre un pendage contraire à celui qu'il a partout ailleurs dans la région. Il plonge fortement, mais très nettement *vers le sud*. Il est recouvert par des calcaires que nous rapportons avec doute au Turonien, mais qui pourraient aussi appartenir à l'Urgonien.

2° Plus au sud, il existe un ensemble de couches calcaires et marneuses en position tout à fait anormale. Ce sont, à la base, des calcaires blancs bien lités que nous avons attribués à l'Urgonien supérieur. Au-dessus, viennent des calcaires clairs à rognons de silex noirs, surmontés de bancs bleutés plus marneux; puis un ensemble de marnes et de petits bancs calcaires finement lités. Le tout est vigoureusement plissé.

Ces couches sont très pauvres en fossiles : nous n'y avons trouvé qu'un Spongiaire et un Échinide très mal conservé, qui ne sauraient servir à préciser leur âge. Mais la présence de calcaires lités à silex, superposés à l'Urgonien, et l'aspect général de la formation calcaréo-marneuse ne permettent guère le doute : nous sommes ici en présence de l'Aptien inférieur.



Échelle : $\frac{1}{200}$. — En haut, côté est de la tranchée; en bas, côté ouest. — Le grisé indique les parties murées. — C_{II}, Urgonien. — C_I, Aptien (*a*, bancs lités à silex; *b*, couches calcaréo-marneuses). — C^4, Cénomanien. — C^6, Turonien. — F, Faille. — C. A., contact anormal.

Cet Aptien rencontre au nord le Mésocrétacé suivant une ligne de contact anormal très inclinée et ondulée : il semble qu'il soit venu s'écraser, s'étaler sur ces couches plus récentes, qu'il chevauche très nettement. Au sud, l'Aptien se relève, ainsi que les bancs lités de l'Urgonien, et le tout vient buter par faille contre l'Urgonien massif.

Cette faille ne nous paraît être qu'un accident local. Mais on ne peut en dire autant du contact anormal entre l'Aptien et le Cénomanien, qui pose un problème plus complexe. Nous pensons, en effet, que l'on peut envisager cet accident comme le contact entre une série autochtone au nord et une série charriée au sud.

Nous avons dit plus haut que nous avions des doutes sur l'âge des bancs très froissés qui sont compris entre le contact anormal et les couches cénomaniennes. Deux hypothèses sont donc possibles :

1° *Si ces calcaires sont turoniens*, ils représentent le flanc sud d'un anticlinal qui aurait affecté la série autochtone. Dans ce cas, le Cénomanien et le Turonien s'enfoncent

très nettement sous l'Aptien charrié. C'est la première idée à laquelle nous nous sommes arrêtés. Cependant, la tranchée étant murée vers le nord il n'est pas possible de voir nettement le noyau anticlinal, ni la retombée vers le nord des bancs cénomaniens.

2° *Si ces calcaires sont urgoniens*, ce qui est très possible. il n'y a plus de mouvement anticlinal. Les bancs cénomaniens et l'Urgonien autochtones auraient été simplement redressés et légèrement renversés au voisinage de la nappe. Le charriage, dans cette hypothèse, n'en serait que mieux établi : car, indépendamment de l'aspect très caractéristique du contact anormal, nous devons remarquer que l'Aptien, s'il était autochtone, devrait se trouver entre le Cénomanien et l'Urgonien, tandis qu'il est ici séparé du Cénomanien par de l'Urgonien.

Dans les deux cas, nous sommes amenés à considérer que l'Aptien de latranchée des Martigues-Caronte n'est pas le même, au point de vue tectonique, que celui de la Gueule d'Enfer. En effet, aucune observation ne nous permet jusqu'à présent de supposer que l'Aptien de la Gueule d'Enfer ne soit pas en position normale entre l'Urgonien et le Cénomanien autochtones.

Comme l'Aptien de la tranchée du chemin de fer est peu développé et disparaît rapidement vers l'est, les deux Urgoniens, autochtone et charrié, doivent se rencontrer, et nous pensons que c'est dans la masse même de l'Urgonien qu'il est possible de rechercher la continuation vers l'est du contact anormal de la tranchée.

En dépit de la part encore réservée à l'hypothèse, on ne peut nier que l'ensemble stratigraphique mis à jour par la tranchée P.-L.-M. ne présente, par sa position et ses rapports, les caractères d'un contact anormal de charriage.

D'ailleurs il y a non loin de là, plus à l'est, un autre accident également intéressant : entre deux éperons d'Urgonien qui se font face (cotes 120), il existe un col fortement entaillé où apparaît le Sénonien marin ([1]). M. Repelin ([2]) a attribué à une double faille l'apparition en contre-bas de ces bancs à Rudistes. Mais cette solution n'est pas acceptable. Les contours que nous avons relevés en ce point, en compagnie de M. Émile Haug, confirment l'opinion émise par Marcel Bertrand. Nous sommes là en présence d'une *fenêtre* de Sénonien, creusée dans l'Urgonien en recouvrement.

L'existence de cet accident, dans le voisinage de celui que nous a révélé la tranchée du chemin de fer, est significative.

Il convient donc d'étendre jusqu'à la région de Martigues les phénomènes

([1]) Voir Carte géologique au 80000e : Feuille d'Arles, dressée par M. Carez.

([2]) Repelin, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, t. 28, 1900, p. 236-263.

de recouvrement signalés ailleurs dans la Nerthe, et l'hypothèse d'une grande nappe de charriage, émise par Marcel Bertrand, se trouve ainsi singulièrement renforcée.

BOTANIQUE. — *Sur la sexualité chez les Champignons Myxomycètes.* Note de M. F.-X. Skupieński, présentée par M. J. Costantin.

Dans une première Note présentée à l'Académie (16 juillet 1917), j'ai exposé quelques résultats concernant la sexualité chez le *Didymium nigripes* Fries. La présente Note a pour objet d'apporter des précisions nouvelles sur certains points encore obscurs relatifs à cette même espèce.

Le milieu le plus favorable à la culture de ce *Didymium* est une décoction de foin (10g pour 1 litre d'eau). De longues observations m'ont permis de constater un fait curieux. On sait qu'une spore, semée sur un milieu nutritif, ne germe qu'après un certain temps d'incubation. Or ce temps est ici variable avec l'origine des spores. Des spores de *Didymium*, provenant de sporanges développés sur tiges de foin, sont toujours claires et munies d'une membrane mince : elles germent très facilement et en un temps très court, quelques heures à peine. Au contraire, des spores provenant de sporanges développés sur de la gélose au foin sont plus sombres que les premières, ont une membrane épaisse et mettent plusieurs jours à germer, parfois même ne germent pas du tout. Il est donc tout indiqué d'opérer avec des spores issues de sporanges développés sur du foin.

Le milieu le plus favorable à la germination des spores est une goutte de décoction de foin ou d'eau de condensation de la gélose au foin, placée entre lame et lamelle et conservée aussi aseptiquement que possible (1).

La lamelle est petite (6mm de côté) et fixée à la lame par quatre boulettes de cire. Un tel dispositif assure l'aération constante de la culture et le développement normal du Myxomycète.

Cultures monospermes. — Opérant dans les conditions qui viennent d'être dites, j'ai réussi à plusieurs reprises, au Laboratoire de Botanique de l'Ecole Normale supérieure, des cultures à partir d'une seule spore.

Ces cultures monospermes, difficiles à réaliser, ont un grand intérêt, car

(1) J'ai dû abandonner l'emploi de la cellule Van Tieghem, où les zoospores, myxamibes et plasmodes à vie très active ne trouvent pas suffisamment l'oxygène nécessaire.

elles m'ont permis d'éclairer plus complètement le problème de la sexualité chez ces Champignons.

A la température du laboratoire, la spore germe au bout de quelques heures; la masse protoplasmique sortant de la membrane cellulosique est d'abord informe et immobile, mais peu à peu apparaît, au voisinage du noyau, un cil vibratile, d'abord très court, mais qui s'allonge progressivement dès qu'il commence à battre. En même temps la masse protoplasmique elle-même s'allonge et la zoospore ainsi formée s'anime d'un mouvement rapide.

Bientôt le mouvement cesse, la zoospore se *fixe* sur la lame ou la lamelle et une division longitudinale apparait, débutant par le cil vibratile et le noyau ([1]).

Chaque zoospore-fille, après quelques instants d'immobilité, prend une sorte de mouvement fébrile, se déplaçant irrégulièrement et avec rapidité. Les zoospores-filles vont se divisant à leur tour comme la zoospore-mère, et ainsi de suite.

Finalement toutes les zoospores perdent leur cil vibratile et deviennent des myxamibes qui continuent, d'ailleurs, à se diviser. J'ai pu, 5 jours après l'ensemencement, compter une centaine de myxamibes environ, et ce nombre augmente considérablement au cours des journées suivantes, en sorte qu'il devient impossible de compter les myxamibes. Celles-ci se placent toutes à la périphérie de la goutte nutritive, formant une traînée compacte qui dessine, pour ainsi dire, le contour de cette dernière. Au cours de cette multiplication, les myxamibes se nourrissent de bactéries, représentées habituellement par des espèces mobiles, *Bacterium fluorescens*, *Bacterium vulgare*.

C'est à ce stade du développement que se place le phénomène essentiel de l'évolution du Myxomycète. Les myxamibes, se nourrissant abondamment, se déplacent vite et on les voit se grouper par paires; puis les deux myxamibes d'une même paire, *devenues gamètes*, se fusionnent entre elles.

J'ai pu également maintes fois constater qu'une myxamibe ne se fusionne pas avec n'importe quelle autre myxamibe rencontrée; elle semble en choisir une dans la foule pour se fusionner avec elle. C'est déjà un premier indice du phénomène sexuel chez cette espèce.

J'ai cherché (et réussi à trois fois différentes) à isoler une myxamibe pour la repiquer sur un milieu aseptique et suivre son développement. Cette myxamibe, en continuant

---

([1]) D'après Lister et Jahn, cette première division serait une division réductrice. Je n'ai pas, jusqu'à présent, de preuves bien nettes pour appuyer ou infirmer l'exactitude des idées émises par ces auteurs. Toutefois, je puis affirmer que les myxamibes sont haphoïdes; mais la réduction se fait-elle à la première division de la zoospore, ou lors d'une des divisions ultérieures? Je ne saurais encore préciser ce point.

à se diviser, donnera-t-elle des éléments susceptibles de devenir gamètes? *Jamais*, dans mes expériences.

De même, j'ai réussi deux fois à isoler une zoospore d'une culture en renfermant un grand nombre : or *jamais* les myxamibes nombreuses auxquelles elle a donné naissance n'ont fait fonction de gamètes.

Dans les cinq expériences relatées ci-dessus, les myxamibes se sont divisées, ce qui prouve qu'elles étaient restées bien vivantes; mais après quelques divisions, les myxamibes filles ont arrêté leurs mouvements, sont devenues jaunâtres et finalement sont mortes, sans jamais donner de cellules-gamètes ni de fructifications, malgré les conditions favorables dans lesquelles elles se trouvaient pour un développement normal.

Pendant ce temps, les cultures qui avaient servi de point de départ et qui renfermaient de nombreux individus, donnaient naissance successivement à des cellules-gamètes, à des œufs ou zygotes, à des plasmodes et finalement à des fructifications.

D'autre part, ayant appris, par une longue expérience, à distinguer, au premier coup d'œil, les zygotes des autres éléments, j'en ai profité pour isoler un zygote et le repiquer sur une culture où il s'est développé seul. J'ai assisté à sa transformation en plasmode et en transportant ce jeune plasmode dans un tube à gélose au foin, j'ai obtenu au bout de quelques jours plusieurs fructifications en sporanges tout à fait normaux.

Il est donc à mes yeux démontré que le *Didymium nigripes* est le siège de phénomènes sexuels; que l'œuf (ou zygote) y résulte de la fusion de deux myxamibes-gamètes de signes différents (+) et (−) et que le zygote est l'origine d'un plasmode capable de fructifier en sporanges.

Le fait qu'une myxamibe isolée et cultivée à part ne donne ni zygote, ni fructification, est pour moi une preuve irréfutable de l'existence de la sexualité chez le *Didymium nigripes*. J'ajoute que cette espèce est homothallique, puisqu'à partir d'une spore unique on peut obtenir les deux sortes de myxamibes-gamètes et la fructification.

Enfin, selon moi, un plasmode qui se montre capable de fructifier n'est pas le résultat de la fusion de deux plasmodes de signes différents (+) et (−). Si deux ou plusieurs plasmodes peuvent se fusionner en un seul, c'est une fusion purement physique et non sexuelle.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Liliacées. Développement de l'embryon chez l'*Anthericum ramosum. Note de M. **R. Souèges**, présentée par M. Guignard.

L'étude de l'embryon du *Sagittaria sagittæfolia* (1) a montré que, pendant tout le temps de la vie proembryonnaire, les lois qui président au développement sont les mêmes chez les Monocotylédones et chez les Dicotylédones. Une différence est néanmoins apparue : chez les Dicotylédones, ces règles sont applicables dès la première division de l'œuf; chez le *Sagittaria sagittæfolia*, elles ne sont valables qu'à partir de la deuxième segmentation, la cellule apicale du proembryon bicellulaire venant se substituer à la cellule-œuf, tandis que la cellule basale se différencie en une grosse vésicule micropylaire.

Chez les Liliacées, cette dernière cellule ne présente pas semblable différenciation. On pouvait donc se demander si elle ne fait que conserver, dès sa séparation, sa forme et ses dimensions primitives ou si elle se comporte, pendant le cours du développement, comme la cellule basale du proembryon des Dicotylédones, du *Myosurus minimus*, par exemple (2).

Mes recherches embryogéniques sur l'*Anthericum ramosum* permettent d'établir le bien-fondé de cette deuxième hypothèse et, partant, l'identité absolue des règles qui président au développement du proembryon dans les deux classes d'Angiospermes. On peut résumer comme il suit ces processus de division :

La segmentation transversale de l'œuf engendre une cellule apicale et une cellule basale; la première prend une cloison verticale; la seconde, au contraire, une cloison horizontale. Ainsi se différencie la tétrade proembryonnaire. Pour former le proembryon octocellulaire, les deux éléments juxtaposés de la tétrade se divisent verticalement pour donner naissance aux quadrants, la cellule médiane se segmente aussi verticalement, tandis que la cellule inférieure prend une cloison horizontale.

Le proembryon à seize cellules se constitue par segmentation de chacun des éléments du proembryon octocellulaire. Les quadrants se séparent transversalement

---

(1) R. Souèges, *Embryogénie des Alismacées. Développement du proembryon chez le* Sagittaria sagittæfolia *L.* (*Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 715).

(2) R. Souèges, *Recherches sur l'embryogénie des Renonculacées* (*Bull. Soc. bot. France*, t. 58, 1911, p. 546).

pour engendrer les octants; les deux éléments issus de la cellule médiane se cloisonnent verticalement pour donner naissance à quatre cellules circumaxiales; la cellule supérieure provenant du cloisonnement transversal de l'élément inférieur de la tétrade se segmente à son tour verticalement et sa sœur prend une nouvelle cloison horizontale séparant encore deux cellules superposées.

A ce stade, le proembryon tout entier présente six étages cellulaires que l'on peut désigner, pour la facilité des comparaisons, par les mêmes lettres qui ont été employées dans d'autres travaux : *l*, *l'*, *m*, *n*, *o*, *p*. Au cours de ces dernières divisions, de légères variations peuvent se produire dans la marche des cloisonnements, en ce qui concerne la formation des étages inférieurs; elles sont exceptionnelles et n'empêchent nullement de saisir la généralité des règles qui se dégagent du processus ordinaire des segmentations. Ces règles sont également celles que l'on a observées chez le *Myosurus minimus* et chez le *Sagittaria sagittæfolia*.

Les six étages proembryonnaires, au point de vue de leurs destinées, sont bien différents de ceux que l'on peut établir chez ces deux dernières plantes.

Les deux étages supérieurs *l* et *l'*, représentés par les huit octants, donnent naissance au cotylédon comme chez le *Sagittaria;* à leurs dépens, chez le *Myosurus*, se différencient les deux parties, cotylée et hypocotylée, de l'embryon proprement dit.

L'étage *m* engendre l'axe hypocotylé et le cône végétatif de la tige; chez le *Sagittaria*, il produit seulement la moitié supérieure de l'axe hypocotylé avec le cône végétatif de la tige; chez le *Myosurus*, c'est le tissu hypophysaire qui se constitue à ses dépens.

L'étage *n*, chez l'*Anthericum*, donne l'hypophyse; chez le *Sagittaria*, il fournit la moitié inférieure de l'axe hypocotylé; chez le *Myosurus*, il contribue avec les étages plus inférieurs à la construction d'un court suspenseur, ne jouant aucun rôle histogénique.

Les étages *o* et *p* se transforment, chez l'*Anthericum*, en un suspenseur formé de quelques cellules aplaties superposées; l'hypophyse, chez le *Sagittaria*, tire son origine de l'étage *o* et de la cellule-fille supérieure de l'élément *p*, tandis que la cellule-fille inférieure engendre le suspenseur.

Le tissu hypophysaire se développe selon un processus offrant de grandes analogies avec celui qui a été décrit, d'une manière générale, chez les Renonculacées. Il constitue, au voisinage de la maturité, un massif cellulaire assez épais, aux dépens duquel se différencient la coiffe et les initiales de l'écorce. Celles-ci ne se séparent pas nettement au sommet du cône hypophysaire. Dès 1876, Treub [1] avait d'ailleurs fait remarquer

[1] M. Treub, *Le méristème primitif de la racine dans les Monocotylédones*. Leide, 1876.

que, à l'extrémité terminale de la racine en voie de croissance, on observait seulement chez les Liliacées un groupe d'initiales commun pour le périblème et pour la coiffe.

En définitive, ce qui ressort de l'étude du développement de l'embryon chez l'*Anthericum ramosum*, c'est l'identité absolue des lois qui président à la genèse et à la disposition des éléments proembryonnaires chez les Monocotylédones et chez les Dicotylédones. Ce fait paraît d'autant plus important que l'*Anthericum* appartient à une famille généralement considérée, selon l'expression de Van Tieghem, comme « le noyau central de la classe des Monocotylédones ». Le proembryon serait, de la sorte, une forme commune aux deux classes actuelles d'Angiospermes; c'est chez lui qu'il conviendrait de rechercher les caractères primordiaux des Proangiospermes, si ce groupe ancestral a véritablement existé.

D'un autre côté, les différences qui apparaissent dans les destinées des éléments proembryonnaires permettent de concevoir une méthode plus rationnelle de détermination des liens de parenté, existant entre les familles ou les groupements plus élevés, dans les limites de l'une des deux classes.

Trois auteurs se sont surtout occupés de l'embryogénie des Liliacées : Hanstein ([1]), Fleischer ([2]) et Coulter ([3]). Fleischer a été frappé des analogies que le développement de l'embryon de l'*Ornithogalum nutans* présente avec celui du *Capsella Bursa-pastoris;* mais, s'appuyant sur des observations erronées de Hanstein et les acceptant sans contrôle, il n'a pu établir les vrais termes de comparaison. Coulter n'a pu mettre en relief aucune régularité dans la marche des segmentations chez le *Lilium philadelphicum*. Beaucoup d'autres observateurs ([4]) ont signalé des cas de polyembryonie chez les Liliacées.

([1]) J. Hanstein, *Die Entwicklung des Keimes der Monokotylen und Dikotylen* (*Bot. Abhandl.*, t. 1, p. 40; Bonn, 1870).

([2]) E. Fleischer, *Beiträge zur Embryologie der Monokotylen und Dikotylen* (*Flora*, t. 47, 1874, p. 369).

([3]) J.-M. Coulter, *Contributions to the life-history of* Lilium philadelphicum (*Bot. Gazet.*, t. 23, 1897, p. 418).

([4]) Voir J.-M. Coulter and C.-J. Chamberlain, *Morphology of Angiosperms* (Appleton C°, New-York, 1912, p. 213).

PHYSIOLOGIE. — *Technique de transfusion sanguine*. Note (¹) de M. FOLLEY, présentée par M. ROUX.

L'appareil destiné à prélever une quantité déterminée de sang sur un individu et à l'injecter chez un blessé, est en trois fragments.

1° Un bocal ou une boîte hermétiquement fermés contient un liquide formé par un mélange tel que :

Huile de paraffine	1000^{g}
Paraffine solide	40
Colophane	20

Dans ce liquide plonge un corps de seringue en cristal d'une capacité de 250^{cm^3} ou de 500^{cm^3} muni d'un piston rodé de 4^{cm} de long et terminé de chaque côté par une face légèrement convexe. Le bocal et son contenu sont stérilisés à l'avance.

2° Un tube de verre scellé renferme, plongeant dans le même mélange, une aiguille en platine ou en nickel, soudée à une extrémité d'un tube en

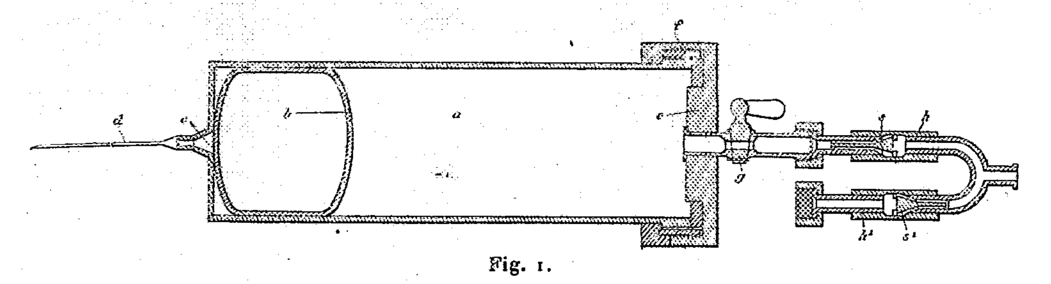


Fig. 1.

argent vierge recuit; l'autre extrémité de ce tube porte un raccord pour se fixer à l'ajustage de la seringue.

3° Une petite pompe très robuste fonctionnant avec le pied se raccorde par un tuyau en caoutchouc de $1^{m},50$ de long avec un petit appareil métallique en forme de U. Une des branches de cet U est marquée A, l'autre branche est marquée C; en actionnant la pompe on aspire l'air par la branche A et l'on comprime par la branche C, de sorte qu'en utilisant une des branches on peut à volonté obtenir l'aspiration ou la compression.

(¹) Séance du 27 mai 1918.

L'une des branches se fixe à un robinet à deux voies vissé sur un chapeau métallique fileté. Ce chapeau se visse sur un anneau mobile embrassant le corps de la seringue et s'appuie sur les bords du corps de la seringue au moyen d'une rondelle en caoutchouc et réalise ainsi l'obturation hermétique.

L'emploi de cet appareil est très simple et peut être réalisé comme il suit :

A. On ouvre un bocal, on sort la seringue et l'on adapte immédiatement le bouchon dont on ferme le robinet.

B. On brise un tube de verre contenant l'aiguille et son raccord flexible en argent recuit qu'on adapte sur la seringue. On fait sortir l'excès de liquide isolant et l'appareil est prêt à être employé.

C. On enfonce l'aiguille dans une veine du donneur, de préférence dans une des veines du pli du coude que l'on a rendue turgescente au moyen d'un lien élastique placé sur le bras. L'appareil se remplit de sang, le piston se meut sous l'influence de

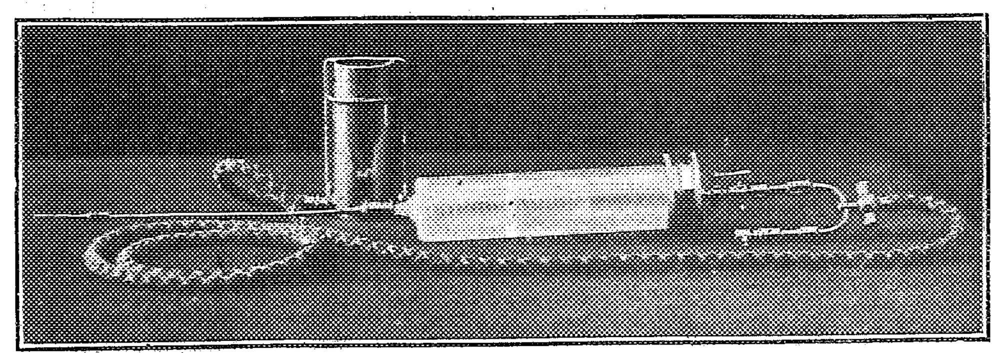


Fig. 2.

la pression sanguine et d'une légère aspiration obtenue en utilisant la branche A pendant que l'opérateur fait fonctionner la pompe avec son pied.

D. L'appareil est plein, on retire l'aiguille de la veine du donneur, on ferme le robinet et l'on adapte la branche C.

E. L'aiguille est enfoncée dans une veine du récepteur, on actionne la pompe et le sang se met à couler avec une vitesse qui sera autant que possible analogue à la vitesse d'aspiration.

Cette technique réduit la transfusion sanguine à une simple injection intraveineuse au lieu d'être une véritable opération chirurgicale. Une seule personne peut aisément faire une transfusion en quelques minutes. Le prélèvement et l'injection du sang sont grandement facilités par le tube flexible en argent.

PATHOLOGIE GÉNÉRALE. — *Recherche d'une équation générale de la loi de cicatrisation normale des plaies en surface.* Note (1) de M. P. Lecomte du Noüy, présentée par M. Charles Richet.

Après que nous avons établi l'existence de cette loi, ainsi qu'une formule d'extrapolation (2) permettant de construire point par point la courbe du phénomène, et ayant d'autre part vérifié son exactitude par un grand nombre d'expériences, confirmées par celles de M. Tuffier et de M. R. Desmarres (3), il devenait intéressant de rechercher quelle était l'équation générale de cette courbe, afin de l'apparenter à d'autres phénomènes naturels.

Reprenant le raisonnement classique, j'ai admis que pendant un temps très court dt, la surface cicatrisée $-ds$ restait proportionnelle à la surface totale

$$-ds = \mathrm{KS}\,dt,$$

ce qui donne, en intégrant par rapport au temps,

$$\mathrm{T} = -\int_{\mathrm{S}_0}^{\mathrm{S}} \frac{ds}{\mathrm{KS}},$$

d'où

$$\mathrm{KT} = \mathrm{Log}_e \frac{\mathrm{S}_0}{\mathrm{S}},$$

c'est-à-dire

$$\mathrm{S} = \mathrm{S}_0\, e^{-\mathrm{KT}}.$$

La courbe résultant de l'équation ne correspondait pas aux faits et donnait pour chaque valeur de T une valeur de S de plus en plus éloignée de celle obtenue par la formule d'extrapolation. Pour obtenir la concordance, j'ai donc dû introduire un nouveau coefficient α dans l'exposant, tel que celui-ci devînt

$$-\mathrm{K}(\mathrm{T} + \alpha).$$

Or la comparaison des deux courbes m'a montré que α devait être de la forme

$$\alpha = \frac{\mathrm{T}^2}{\mathrm{K}_2},$$

(1) Séance du 17 juin 1918.

(2) Lecomte du Noüy, *Thèse*, Faculté des Sciences, 1917.

(3) *Journal of Experimental Medicine*, janvier 1918.

c'est-à-dire qu'il représentait une branche de parabole, et l'équation définitive devenait

$$S_T = S_0 e^{-K\left(T + \frac{T^2}{2p}\right)} \tag{1}$$

en remplaçant K_2 par $2p$ pour indiquer sa signification.

Cette équation est bien celle qui correspond à la courbe obtenue au moyen de la formule d'extrapolation établie précédemment

$$S_n = S_{n-1}[1 - i(t + \sqrt{nt})]. \tag{2}$$

Étant donné que le coefficient K est déterminé sur 4 jours, par l'égalité

$$K = \frac{1}{T} \operatorname{Log} \frac{S_0}{S},$$

et en remarquant que, surtout pour les grandes plaies, la contraction, c'est-à-dire la diminution de surface de la plaie, en ne tenant pas compte de l'épithélisation, joue le rôle primordial au début de la cicatrisation, il est vraisemblable d'admettre qu'il caractérise en quelque sorte la contraction; s'il en est ainsi, la courbe exprimée par l'équation

$$S = S_0 e^{-KT}$$

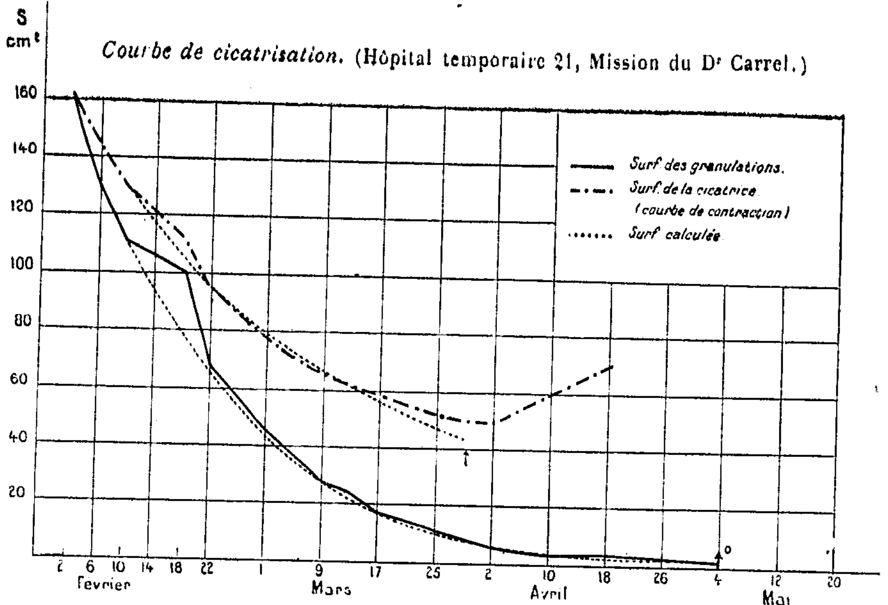
doit correspondre au progrès de la contraction (mesurée au planimètre sur des décalques de la surface totale de la plaie, y compris le nouveau tissu épithélial). L'expérience prouve qu'il en est bien ainsi (voir figure).

Mais en même temps, ce coefficient K représente, pendant les premiers jours, la vitesse relative de la cicatrisation par rapport à la surface totale de la plaie. Or, on sait [1] que cette vitesse est elle-même fonction de l'âge de l'homme entre certaines limites. Le coefficient K doit donc varier proportionnellement à l'indice de cicatrisation i qui joue le même rôle. Les calculs d'un certain nombre de courbes montrent qu'il en est bien ainsi. Le deuxième coefficient de correction $\alpha = \frac{T^2}{2p}$ correspond alors au deuxième processus, c'est-à-dire à l'épithélisation. C'est donc la contraction qui détermine la vitesse de cicatrisation d'une plaie donnée, puisqu'elle est fonction de la surface de cette plaie.

L'étude d'un certain nombre de courbes m'a permis de mettre en évidence trois faits : 1° la relation que je signalais plus haut, entre K et l'indice de

(1) *Loc. cit.*

cicatrisation i (la valeur du rapport $\frac{i}{K}$, dans ces expériences, varie de façon continue de 1,2 à 1,6); 2° la frappante constance du facteur $2p$ ou paramètre des paraboles exprimant l'accélération due à l'épithélisation, qui



Blessé n° 360 : plaie de l'abdomen (160cm²). Durée totale de la cicatrisation, 96 jours; durée calculée, 98 jours. A partir du 29 mars, tout le travail de réparation est dû à l'épithélisation et la contraction cesse, puis la cicatrice s'étend.

varie de 80 à 65 lorsque K varie de 0,013 à 0,059 et i de 0,02 à 0,07; 3° enfin, le rapport simple qui existe entre les nombres K, $2p$ et i; en effet, en première approximation $2p = 100\,\frac{K}{i}$. On tire de ces relations un moyen simple pour calculer les coefficients et la courbe, en partant de la surface initiale et de la connaissance de l'âge de l'homme. En effet, le paramètre $2p$ est pris dans un Tableau, en regard de la valeur de i qui correspond à la surface donnée et à l'âge du blessé, K est déterminé grâce à un facteur de conversion établi empiriquement, et qui donne la valeur du rapport $\frac{i}{K}$.

Conclusion. — 1° La loi de la cicatrisation normale des plaies en surface maintenues stériles peut être exprimée par une équation exponentielle où entrent deux coefficients, faciles à déterminer.

2° Il existe des rapports simples entre ces coefficients et l'indice de cicatrisation établi précédemment, en fonction de l'âge de l'homme et de la surface de la plaie.

3° L'équation proposée, simplifiée et réduite à un seul coefficient, traduit de façon satisfaisante le phénomène de contraction.

4° L'étude d'une centaine de courbes expérimentales semble prouver que, à des différences égales entre les logarithmes des surfaces initiales, correspondent des différences égales entre les durées totales de la cicatrisation. Ce résultat pouvait d'ailleurs être prévu par le calcul, en partant de l'équation exponentielle proposée.

La séance est levée à 16 heures et quart.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE MAI 1918.

L'enseignement technique supérieur à l'après-guerre, par LÉON GUILLET. Préface de HENRY LE CHATELIER. Paris, Payot, 1918; 1 vol. $18^{cm},5$. (Présenté par M. Le Chatelier.)

Les industries métallurgiques à l'avant-guerre. Leur avenir, par LÉON GUILLET. Paris, Dunod et Pinat, 1917; 1 vol. 26^{cm}. (Présenté par M. Le Chatelier.)

Chirurgiens et blessés à travers l'histoire, des origines à la Croix-Rouge, par le Docteur CABANÈS. Paris, Albin Michel, sans date; 1 vol. $28^{cm},5$. (Présenté par M. A. Laveran.)

Travaux préparatoires du Congrès général du Génie civil. Session nationale : mars 1918. Section I : travaux et constructions civiles; *Rapports;* — Section II : industries des transports : *Rapports;* — Section III : mécanique, moteurs, machines-outils : *Rapports;* — Section IV : mines et métallurgie : *Rapports;* — Section V : physique et chimie industrielles : *Rapports;* — Section VI : électricité : *Rapports;* — Section VII : génie rural et industries agricoles : *Rapports;* — Section VIII : organisation rationnelle du travail industriel : *Rapports;* — Section IX : hygiène et prévoyance sociale : *Rapports;* — Section X : législation industrielle : *Rapports.* Paris, Société des ingénieurs civils, 1918; 10 fascicules 24^{cm}.

Quelques lettres de M. Emery au physicien Georges-Louis Le Sage, conservées à la bibliothèque de Genève, publiées par ERNEST JOVY. Paris, Société française d'imprimerie et de librairie, 1916; 1 fasc. 23^{cm}.

Royal Ontario Nickel Commission. *Report and Appendix*, 1917. Toronto, Wilgress, 1917; 1 vol. 25^{cm}.

Note sur le quadrilatère complet, par A. OPPERMANN. Paris, Gauthier-Villars, 1918; 1 fasc. 25^{cm}.

Les causes météorologiques, par le lieutenant-colonel DELAUNAY. Paris, chez l'auteur, 1918; 1 fasc. $24^{cm},5$.

The list of the American Philosophical Society held at Philadelphia for promoting usefal knowledge. Philadelphia, 1917; 1 fasc. $24^{cm},5$.

Smithsonian Institution. United States national Museum. *Report on the progress and condition of the United States national Museum for the year ending june* 30, 1916. Washington, Government printing Office, 1917; 1 vol. $23^{cm},5$.

Carnegie Institution of Washington. *Annual report of the director of the department of terrestrial magnetism.* Extracted from year Book, nº 16, for the year 1917, p. 249 to 284, 1 plate; 1 fasc. 25cm,5.

Canada. Department of Mines. Geological Survey. Memoir 100 : *The Cretaceous Theropodous Dinosaur Gorgosaurus*, by LAWRANCE M. LAMBE. Ottawa, Government printing Bureau, 1917; 1 fasc. 24cm,5.

The great menace of civilization : cancer; cause prevention, cure, by EDWARD PERCY ROBINSON. New-York, privately printed, 1918; 1 fasc. 16cm,5.

Board of scientific advice for India. *Annual Report for the year* 1916-1917. Calcutta, Superintendent Government printing, 1918; 1 fasc. 25cm,5.

The Athenæum. Subject index to periodicals, 1916. *Issued at the request of the library Association.* London, 1918; 1 fasc. 30cm,5.

Helvetica chimica acta. Volumen I, fasciculus primus. Basileæ et Genevæ, Georg, 1918; 1 fasc. 23cm.

Annuario della R. Accademia dei Lincei, 1918. Roma; 1 fasc. 14cm.

Urosemiologia clinica, por VIRGILIO MACHADO. Lisboa, Academia das Sciencias, 1916; 1 fasc. 22cm,5.

Arsenicais e sifilis. Critica do tratamento abortivo, por THOMAZ DE MELLO-BREYNER. Lisboa, Imprensa nacional, 1918; 1 fasc. 25cm,5.

Boletim bibliografico da Academia das Sciencias de Lisboa. Primeira série, volume I. Coimbra, Imprensa da Universidade, 1910-1914; 1 vol. 30cm,5.

ERRATA.

(Séance du 17 juin 1918.)

Note de M. *Camille Flammarion*, Observations de la Nova de l'Aigle :

Page 991, ligne 2 en remontant, *au lieu de* γ Grande Ourse, *lire* α Grande Ourse.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 JUILLET 1918.

PRÉSIDENCE DE M. P. PAINLEVÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison de la fête nationale la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 16 juillet.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

J'ai la douleur d'annoncer à l'Académie la mort de notre confrère, M. **Charles Wolf**, qui s'est éteint à Saint-Servan à plus de 90 ans.

Son grand âge le tenait depuis plusieurs années éloigné de nos travaux, mais aucun de nous n'a oublié son visage austère et grave, ni la conscience méticuleuse qu'il apportait à l'accomplissement de tous ses devoirs.

Né à Vorges, près Laon, d'une vieille famille alsacienne, entré à 21 ans à l'École Normale supérieure, Charles Wolf avait été pendant plusieurs années professeur de physique au Lycée de Metz d'abord, puis à la Faculté de Montpellier. C'est là que Leverrier, qui l'avait distingué pour la solidité de son esprit et sa force de travail, vint le prendre en 1862 pour l'attacher à l'Observatoire.

Son œuvre à l'Observatoire de Paris témoigne à la fois de ses qualités d'astronome et de physicien, car il a su adapter à ses recherches des instruments nouveaux et ingénieux.

Attaché d'abord aux observations méridiennes, il poursuit de délicates recherches sur l'équation personnelle des passages et sur la marche des

horloges : son système de synchronisation d'un nombre quelconque d'horloges, employé d'abord à l'Observatoire, est étendu à toute la Ville de Paris.

Plus tard, ses observations équatoriales et ses mesures spectroscopiques l'amènent à la découverte d'un nouveau type d'étoiles (les Novæ vieillies) auquel son nom est attaché. Puis il distingue les amas d'étoiles apparents ou réels, décrit les amas des Pléiades, du Cancer, étudie le spectre des comètes, etc.

Avec Ch. André, le futur directeur de l'Observatoire de Lyon, il perfectionne les méthodes d'observation des passages de Vénus et de Mercure, étudie notamment le phénomène si gênant de *la goutte noire* et indique le moyen de l'éviter.

Enfin ses vastes connaissances en Astronomie et en Physique trouvent leur plein emploi dans l'étude des hypothèses cosmogoniques : l'Ouvrage classique qu'il a consacré à ce grand sujet présente un haut intérêt tant par son exposé historique que par ses aperçus originaux.

Ses dernières années furent consacrées à des études historiques sur les vieilles mesures de longueur, sur les étalons du système métrique, sur l'Observatoire de Paris.

Nous saluons en cette longue existence, entièrement consacrée à ses devoirs, un irréprochable exemple de labeur désintéressé et de conscience professionnelle.

NÉCROLOGIE. — *Notice sur la vie et les travaux de M. Ch. Wolf*, par M. G. **Bigourdan**.

Charles-Joseph-Etienne Wolf naquit à Vorges, près de Laon, le 9 novembre 1827; il appartenait à une famille de 8 enfants qui a donné à l'Armée et à l'Université des serviteurs nombreux et dévoués.

Admis à l'Ecole Normale supérieure en 1848, il fut reçu agrégé en 1851 et nommé professeur de Physique au lycée de Nîmes, puis à celui de Metz; il prépara une thèse de doctorat qu'il soutint en 1857 où il traite *De l'influence de la température sur les phénomènes qui se passent dans les tubes capillaires*. Certains de ses résultats, très importants au point de vue de la théorie générale de la capillarité, furent d'abord contestés par un éminent physicien, mais ils subirent avantageusement la critique et ils ont passé dans les Ouvrages d'enseignement, avec les méthodes employées pour les obtenir.

Envoyé ensuite à Montpellier pour professer la Physique à la Faculté des Sciences, il s'occupe d'acoustique et étudie, avec Diacon, les variations qu'éprouve le spectre d'une vapeur métallique incandescente lorsque sa température s'élève. Il découvre ainsi le premier exemple de variation du spectre, touchant donc à la base même de la doctrine spectrale, qui à l'origine regardait comme absolue la constance du spectre.

M. Wolf se trouvait encore à Montpellier en 1862, quand Le Verrier lui offrit de venir le seconder à l'Observatoire de Paris; c'était le moment où l'on y installait de nouveaux instruments, entre autres le cercle méridien, le plus grand qui ait encore été construit. Bientôt M. Wolf fut chargé de l'éducation astronomique des débutants, et se trouva ainsi orienté vers le perfectionnement des observations méridiennes; successivement il rédige les *Instructions* encore suivies dans leurs lignes générales; il entreprend ses recherches classiques sur l'*Equation personnelle dans les observations de passages;* il imagine un appareil spécial d'exercice qui a été adopté dans divers observatoires étrangers; il commence enfin, sur la marche des pendules, les travaux qui l'acheminent vers l'établissement du *Système de synchronisation des horloges*, installé par lui à l'Observatoire et ensuite étendu à la ville de Paris : partout il donne encore satisfaction entière, pourvu que le circuit électrique ne soit pas coupé.

Après il s'adonne plus particulièrement aux observations équatoriales, et dans cette voie il fait d'abord, avec Rayet, une découverte importante qui reste attachée à son nom : c'est celle d'étoiles d'un nouveau type, caractérisées par un spectre à raies brillantes. Comme les étoiles dites *nouvelles* qui ont été découvertes depuis, présentent les mêmes caractères spectraux, il en résulte que les étoiles découvertes par M. Wolf sont d'anciennes *Novæ* qui, devenues un instant plus brillantes sous l'influence de causes encore hypothétiques, ont repris un état sensiblement stable. Ajoutons que le spectroscope qui servit à M. Wolf pour cette découverte est de construction spécialement adaptée à ces recherches et avait été imaginé par lui.

Au point de vue de la constitution de l'Univers il est intéressant de savoir si dans les amas célestes les étoiles sont groupées fortuitement, par un effet de perspective, ou si elles ont entre elles un lien physique. De là l'importance de leur étude, et M. Wolf fut des premiers à l'entreprendre, en commençant par les deux groupes les plus brillants du ciel, les Pléiades et l'amas de l'Écrevisse. Ce fut pour lui l'occasion d'étudier complètement son instrument; et le Mémoire où il a consigné ses mesures des Pléiades présente ce caractère de fini qui distingue ses productions ; l'étude qu'il fit ainsi du micromètre restera un modèle.

Il avait une profonde connaissance des instruments, non seulement dans leurs parties mécaniques, mais aussi dans la manière dont ils agissent sur la lumière : témoin les Mémoires où, avec Ch. André, il a étudié les *Apparences qui accompagnent l'observation des passages de Mercure et de Vénus devant le Soleil ;* il y précise les effets des aberrations et l'influence capitale de l'ouverture des objectifs ; chemin faisant il confirme la constante du *pouvoir séparateur* déterminée par Foucault, qu'il avait eu

l'avantage de fréquenter à l'Observatoire de Paris ; et quand il fallut se préparer à la célèbre observation du passage de Vénus, en 1874 et en 1882, c'est à lui qu'on eut recours pour diriger les observateurs et créer un appareil d'exercice.

Il me faut passer rapidement sur nombre d'autres travaux : photométrie, sélénographie, spectroscopie des comètes, création et installation d'instruments nouveaux, construction de cartes écliptiques, enseignement à l'École d'astronomie, etc. Mais je dois mentionner au moins son Ouvrage sur les *Hypothèses cosmogoniques* et les recherches historiques auxquelles il a consacré les dernières années de sa vie active : sur les anciennes toises, sur les étalons du système métrique, et son importante *Histoire de l'Observatoire de Paris.*

Élu par notre Académie il y a 35 ans, le 16 avril 1883, il la présida pendant l'année 1898.

Dévoûment à la Vérité, à la Science, au Pays, à sa famille et à ses amis, telle fut la vie de M. Wolf.

Il avait dans sa personne et dans ses manières une grande distinction naturelle; et sous des dehors réservés il cachait le cœur le plus chaud et le plus fidèle. Ami de la vérité, avant tout, il la défendit sans arrière-pensée dans le domaine qui était le sien, toujours en gardant les égards dus aux personnes.

Toujours aussi il accueillit les jeunes avec une bonté dont ils lui gardent reconnaissance; depuis longtemps nul n'avait obtenu à l'Observatoire tout à la fois plus de respect, d'estime et d'autorité scientifique.

Il s'était marié durant son séjour à Metz; devenu veuf de très bonne heure, il reporta toute son affection sur sa fille unique, qui a pu la lui rendre jusqu'au dernier jour. Dans la suite il eut la joie de voir grandir ses petits-enfants, et même, durant les dix dernières années de sa vie, ses arrière-petits-enfants. Pleinement dévoué à sa famille, qui le lui rendait avec la plus grande affection, mêlée de déférence, il avait conservé sa maison paternelle de Vorges pour y réunir tous les siens. Mais, obligé de fuir devant l'invasion de 1914, il n'a pas eu la consolation d'y finir ses jours.

Profondément religieux, M. Wolf n'a jamais ni caché ni clamé ses sentiments; et s'il eut des préférences, jamais ce ne fut aux dépens de la stricte justice; il se souvenait que toutes les opinions ont des amis sincères, et les siennes n'influèrent ni sur le choix de ses amis ni sur celui de ses collaborateurs : des exemples connus en font foi.

Jusque près de la fin il a conservé, avec sa lucidité, deux grandes affections : l'Observatoire de Paris et notre Académie ; ces derniers jours encore il s'intéressait à nos travaux.

Il s'est éteint à Saint-Servan le 4 de ce mois.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les représentations d'un entier par les formes quadratiques ternaires, indéfinies.* Note [1] de M. G. HUMBERT.

1. A une Note publiée ici sous ce même titre [2], je voudrais ajouter quelques compléments.

Tout d'abord, dans les nos 2, 3 et 4, partout où j'ai introduit les domaines $\mathfrak{D}_i$ de Poincaré, il faut lire $2\mathfrak{D}_i$, en sorte que, par exemple, ce que j'ai appelé $\mathfrak{D}_1$ est en réalité l'ensemble de *deux* domaines (équivalents entre eux) pour la forme $\mathfrak{f}_1$: dans les trois exemples numériques indiqués, les inégalités respectives (3), (4) et (5) définissent effectivement un *double* domaine, et c'est pour cela que les vérifications ont réussi.

Il importe, pour éviter toute ambiguïté, de définir d'une manière précise ce qu'on doit entendre par domaine de Poincaré pour une forme quadratique ternaire indéfinie, $f(x, y, z)$.

Dans l'espace, $f = 0$ est un cône, indéfini dans les deux sens; son intérieur est la région où ne pénètre aucun plan tangent.

D'après Poincaré, on peut déterminer un *volume* $\mathfrak{D}$, intérieur au cône, tel que tout point x, y, z intérieur à ce dernier, soit transformable en un et en un seul point de $\mathfrak{D}$, par une des substitutions linéaires, de déterminant $+1$, qui changent la forme f en elle-même. Ce volume $\mathfrak{D}$ est un volume conique à faces planes, de même sommet $(x = y = z = 0)$ que le cône $f = 0$: ce sera (à volonté) soit un angle polyèdre, *limité à son sommet*, soit l'ensemble d'un tel angle et de son symétrique par rapport au sommet. C'est un pareil volume $\mathfrak{D}$ que nous appellerons *domaine de Poincaré* pour la forme f.

Cela posé, nous allons énoncer, relativement à la représentation des entiers par les formes ternaires indéfinies, des propositions qui comprennent celles de la précédente Note, et nous les ferons suivre d'applications nouvelles, qu'il serait d'ailleurs aisé de multiplier.

2. *Formes d'invariants* Ω *et* Δ *impairs.* — Nous désignons toujours :

Par f_1, f_2, ... des formes ternaires indéfinies, proprement primitives, d'invariants Ω, Δ impairs $(\Omega < 0, \Delta > 0)$, choisies une par classe, dans un

[1] Séance du 1er juillet 1918.
[2] *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 925.

genre donné; par $\mathfrak{F}_1$, $\mathfrak{F}_2$, ... leurs réciproques, supposées proprement primitives; par ω_1, ω_2, ... des domaines de Poincaré pour $\mathfrak{F}_1$, $\mathfrak{F}_2$, ... respectivement; par δ tout diviseur premier (positif, impair et > 1) de Δ; par ν le nombre des facteurs premiers distincts (positifs, > 1) de $\overline{\Omega}$; par E l'unité

$$E = \left(\frac{f}{\Omega}\right)\left(\frac{\mathfrak{F}}{\Delta}\right)(-1)^{\frac{\Omega+1}{2}\frac{\Delta+1}{2}};$$

par M un entier positif, premier à $\Omega\Delta$, tel qu'on ait

(1) $$\left(\frac{-M}{\delta}\right) = \left(\frac{\mathfrak{F}}{\delta}\right)$$

pour tous les δ.

Le théorème général est alors le suivant :

Le nombre total des représentations propres, restreintes, de $-M$ *par les* $\mathfrak{F}_i$, *c'est-à-dire le nombre total des solutions propres des équations*

$$-\mathfrak{F}_i(x, y, z) = M, \qquad (i = 1, 2, \ldots)$$

sous la condition que le point x, y, z *appartienne au domaine* ω_i, *a pour expression*

(2) $$\rho\, 2^{-\nu}[H(\overline{\Omega M}) + (2E + 1)H'(\overline{\Omega M})];$$

$H(\overline{A})$ et $H'(\overline{A})$ sont les nombres des classes binaires, positives, *proprement* et *improprement* primitives, de discriminant $\overline{A}$; quant à ρ, c'est un nombre ainsi défini :

$$\rho = \frac{1}{2}, \qquad \text{si M est impair ou impairement pair;}$$

$$\rho = \frac{E+1}{2}, \qquad \text{si } M \equiv 0 \pmod 4.$$

Voici maintenant des exemples autres que ceux de la Note précédente; dans tous, il n'y a encore qu'une classe par genre, c'est-à-dire qu'une f et une $\mathfrak{F}$. Pour obtenir ω, dans les exemples II et III, nous avons utilisé des résultats de M. Fricke.

3. *Exemple I :*

$$f = x^2 - y^2 - z^2, \qquad \mathfrak{F} = -x^2 + y^2 + z^2.$$

On a

$$\Omega = -1, \quad \Delta = 1, \quad \nu = 0, \quad E = +1.$$

Un *double domaine* de Poincaré, pour $\mathfrak{F}$, est défini par les inégalités

(3) $$x > 0, \quad z \geqq 0, \quad \overline{y} \leqq x - z;$$

dès lors, M étant entier positif *quelconque*, le nombre des solutions propres, x, y, z, vérifiant (3), de l'équation

$$M = x^2 - y^2 - z^2,$$

est le *double* de la quantité (2).

Vérification. — Soit $M = 16$; l'expression (2) est égale à 2; on doit donc trouver ici *quatre* solutions vérifiant (3). On a en effet, pour x, y, z, les sept systèmes vérifiant (3)

$$5, 0, 3; \quad 5, 3\varepsilon, 0; \quad 9, 8\varepsilon, 4; \quad 9, 4\varepsilon, 8; \qquad (\varepsilon = \pm 1),$$

les six derniers satisfont aux inégalités (3), mais avec *un* signe $=$; les solutions correspondantes doivent dès lors compter pour *moitié*, donc pour *trois*, d'où les quatre solutions requises. On vérifierait que toute autre solution *propre* ne vérifie pas (3), par exemple $9, \pm 7, 4$, ou $9, \pm 4, 7$; quant aux solutions $6, \pm 4, 2$ ou $6, \pm 2, 4$, elles ne sont pas *propres*, à cause du facteur commun 2.

Exemple II :

$$f = x^2 - 7y^2 - 7z^2, \qquad \mathfrak{F} = -7x^2 + y^2 + z^2.$$

On a

$$\Omega = -7, \quad \Delta = 1, \quad \nu = 1, \quad E = -1.$$

Un *double domaine* de Poincaré, pour $\mathfrak{F}$, est défini par

(4) $$x > 0, \quad z > 0, \quad \overline{y} \leqq z, \quad 7x \geqq 3z, \quad 7x \geqq 2\overline{y} + 2z.$$

Le nombre des solutions propres x, y, z, satisfaisant à (4), de

$$M = 7x^2 - y^2 - z^2,$$

où M est positif quelconque, premier à 7, est encore le *double* de la quantité (2).

Inversement, soit

$$f = 7x^2 - y^2 - z^2, \qquad \mathfrak{F} = -x^2 + 7y^2 + 7z^2.$$

On a ici

$$\Omega = -1, \quad \Delta = 7, \quad \nu = 0, \quad \delta = 7, \quad E = -1.$$

Un *double domaine* de Poincaré, pour $\mathfrak{f}$, est défini par

(5) $$x > 0, \quad z > 0, \quad \bar{y} \leqq z, \quad x \geqq 3z, \quad x \geqq 2\bar{y} + 2z.$$

Alors, si M est un entier positif tel que $\left(\frac{M}{7}\right) = +1$, le nombre des solutions, vérifiant (5), de $M = x^2 - 7y^2 - 7z^2$ est le *double* de (2).

Par exemple, on doit trouver, pour la représentation de 2 par $7x^2 - y^2 - z^2$, sous les conditions (4), un nombre de solutions égal à $2 \times \frac{1}{4} H(14)$, c'est-à-dire égal à *deux*. Effectivement

$$2 = 7(1)^2 - (\varepsilon)^2 - (2)^2,$$

d'où *deux* solutions, qui vérifient (4) sans signe =.

Exemple III :

$$f = 5x^2 - 3y^2 - 15z^2, \quad \mathfrak{f} = -3x^2 + 5y^2 + z^2.$$

On a

$$\Omega = -15, \quad \Delta = 1, \quad \nu = 2, \quad E = -1.$$

Un domaine, pour $\mathfrak{f}$, est défini par

(6) $$x > 0, \quad z \geqq 0, \quad x \geqq z, \quad 5\bar{y} \leqq 3x.$$

Donc, M étant positif quelconque, premier à 15, le nombre des représentations propres $M = 3x^2 - 5y^2 - z^2$, vérifiant (6), est la quantité (2).

Exemple IV :

$$f = 3x^2 - 7y^2 - 7z^2, \quad \mathfrak{f} = -7x^2 + 3y^2 + 3z^2.$$

On a

$$\Omega = -7, \quad \Delta = 3, \quad \nu = 1, \quad \delta = 3, \quad E = +1.$$

Un domaine, pour $\mathfrak{f}$, est défini par

(7) $$x > 0, \quad z > 0, \quad 3x \geqq 2z, \quad \bar{y} \leqq z, \quad \bar{y} \leqq 2x - z, \quad 3\bar{y} \leqq 14x - 9z;$$

et, M étant premier à 7 et tel que $\left(\frac{M}{3}\right) = +1$, le nombre des solutions propres, satisfaisant à (7), de $M = 7x^2 - 3y^2 - 3z^2$ est donné par (2).

Vérification. — Soit $M = 13$; le nombre (2) est $\frac{1}{4}[H(91) + 3H'(91)]$, ou $\frac{1}{4}[6 + 3.2]$, soit *trois*. Les représentations sont

$$13 = 7(2)^2 - 3(\varepsilon)^2 - (\ 2)^2,$$
$$13 = 7(8)^2 - 3(\varepsilon)^2 - (12)^2;$$

la première ligne en donne *deux* et la seconde *une*, parce que les deux solutions de celle-ci vérifient (7) avec un signe $=$.

Remarque. — Le domaine défini par (7) est un angle polyèdre limité à son sommet; on définirait un domaine *équivalent*, formé de l'ensemble d'un tel angle et de son opposé par le sommet, à l'aide des inégalités

$$3\bar{x} \geqq 2\bar{z}, \qquad \bar{y} \leqq \bar{z}, \qquad \bar{y} \leqq 2\bar{x} - \bar{z}, \qquad 3\bar{y} \leqq 14\bar{x} - 9\bar{z},$$

x, y, z *étant supposés de même signe*, c'est-à-dire xy, yz, $zx \geqq 0$, et une solution où $y = 0$ comptant pour $\frac{1}{2}$.

Alors les *trois* représentations correspondantes de 13 seraient

$$13 = 7(2\varepsilon)^2 - 3(\varepsilon)^2 - 3(\ 2\varepsilon)^2,$$
$$13 = 7(8\varepsilon)^2 - 3(\varepsilon)^2 - 3(12\varepsilon)^2,$$

la dernière ligne n'en donnant toujours qu'une.

Pour $M = 4$, on doit trouver *une* représentation; or

$$4 = 7(\varepsilon)^2 - 3.0^2 - 3(\varepsilon)^2,$$

d'où deux représentations comptant pour une, puisque $y = 0$.

Exemple V :

On a
$$f = x^2 - 3y^2 - 9z^2, \qquad \mathfrak{F} = -9x^2 + 3y^2 + z^2.$$
$$\Omega = -3, \qquad \Delta = 3, \qquad \nu = 1, \qquad \delta = 3, \qquad E = +1.$$

Un domaine de $\mathfrak{F}$ est défini par

$$(8) \qquad x > 0, \qquad z \geqq 0, \qquad \bar{y} \geqq x, \qquad \bar{y} \geqq 3x - z.$$

Donc, si $\left(\frac{M}{3}\right) = -1$, le nombre des solutions propres de

$$M = 9x^2 - 3y^2 - z^2,$$

sous les conditions (8), est donné par (2).

Vérification. — $M = 8$; l'expression (2) est $\frac{1}{2}H(24)$, ou *deux*. On a en effet

$$8 = 9(1)^2 - 3.0^2 - (1)^2,$$
$$8 = 9(2)^2 - 3(\varepsilon)^2 - (5)^2,$$

et les deux solutions de la seconde ligne ne comptent que pour *une*, puisqu'elles ne vérifient (8) qu'avec un signe $=$.

4. *Formes d'invariants* Ω *impair,* Δ *pair.* — Si $\Delta \equiv 0 \pmod 4$, je n'ai rien à ajouter à ma dernière Note; si $\Delta \equiv 2 \pmod 4$, voici un résultat assez général.

Les notations du n° 2 sont conservées; les f_i et les $\mathfrak{F}_i$ sont toujours supposées proprement primitives. Soit posé $\Delta = 2\Delta'$, et

$$E' = \left(\frac{f}{\Omega}\right)\left(\frac{\mathfrak{F}}{\Delta'}\right)(-1)^{\frac{\Omega+1}{2}\frac{\Delta'+1}{2}};$$

désignons par M un entier positif, *impair ou impairement pair*, vérifiant (1), et premier à $\Omega\Delta'$.

Le nombre total des représentations propres, restreintes, de $-M$ *par les* $\mathfrak{F}_i$ *est égal à*

$$\rho' 2^{-\nu} H(\overline{\Omega M}),$$

où

$$\rho' = \frac{1}{2}, \qquad \text{si} \qquad |\Omega M| \equiv 1 \text{ ou } 2 \pmod 4,$$
$$\rho' = \frac{1}{2}\left[E' + \left(\frac{2}{M}\right)\right], \qquad \text{si} \qquad |\Omega M| \equiv -1 \pmod 4.$$

5. *Exemple :*

$$f = 3x^2 - y^2 - 2z^2; \qquad \mathfrak{F} = -2x^2 + 6y^2 + 3z^2.$$

On a

$$\Omega = -1; \qquad \Delta = 6; \qquad \nu = 0; \qquad \delta = 3; \qquad E' = +1.$$

Donc M doit être positif, tel que $\left(\frac{M}{3}\right) = -1$.

Un domaine de $\mathfrak{F}$ est défini par

(9) $$0 \leqq 3z \leqq 2x; \qquad 3\overline{y} \leqq x.$$

Par suite, le nombre des représentations propres $M = 2x^2 - 6y^2 - 3z^2$,

vérifiant (9), est égal :

Si $M \equiv 2$ ou $5 \pmod{12}$ à $\frac{1}{2}H(M)$;

Si $M \equiv -1 \pmod{24}$ à $H(M)$;

Si $M \equiv 11 \pmod{24}$ à *zéro*.

J'avais déjà trouvé le résultat relatif au cas de $M \equiv -1 \pmod{24}$ dans un Mémoire publié au Tome III, 6e série, 1907, p. 442, du *Journal de Mathématiques*, et cela par une toute autre méthode, en partant des développements de certains quotients de fonctions *thêta;* la réussite tenait à ce que la forme $\mathfrak{F}$ peut représenter *zéro*.

Vérifications. — 1° $M = 14$; $\frac{1}{2}H(14) = 2$; les *deux* représentations sont

$$14 = 2.4^2 - 6\varepsilon^2 - 3.2^2 \qquad (\varepsilon = \pm 1).$$

2° $M = 23$; $H(23) = 3$; on a, effectivement, les trois représentations

$$23 = 2.4^2 - 6.\varepsilon^2 - 3.1^2,$$
$$23 = 2.5^2 - 6.0^2 - 3.3^2.$$

Dans une prochaine Note, nous compléterons les résultats relatifs à la somme des aires *non euclidiennes* des domaines $\mathfrak{D}_i$, *considérés dans le plan*. Ajoutons enfin que des propositions analogues aux précédentes s'appliquent aux formes quaternaires indéfinies qui possèdent un *domaine de Bianchi*.

THÉRAPEUTIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Effets des injections intraveineuses isotoniques dans les hémorragies*. Note de MM. **Charles Richet**, **P. Brodin** et **Fr. Saint-Girons** (1).

Pour connaître avec quelque précision les proportions de liquide sanguin (masse du sang) et d'hématies contenues dans le corps, la seule méthode convenable, c'est l'hydrotomie (lavage du corps après la mort par une grande quantité de liquide, et numération globulaire). Nous avons fait hydrotomies et numérations globulaires sur un grand nombre de chiens adultes, en général de grande taille et pesant près de 20^{kg}, morphinisés par $0^g,30$ de chlorhydrate de morphine injectés dans le péritoine.

Voici les constantes que nous avons obtenues pour 1^{kg} de poids vif. [Rappelons pour mémoire que le poids vif d'un animal donné est un chiffre

(1) Voir nos Notes antérieures (*Comptes rendus*, t. 166, 1918, pp. 587 et 664).

assez incertain, parce que chez le même individu il varie notablement d'un moment à l'autre ([1]).]

Nombre de mensurations.			Écart moyen relatif ([2]).
37.	Masse du sang par kilo (en grammes)......	67	10,4
39.	Hématies totales par kilo (en milliards)....	457	16,0
53.	Proportions des hématies par millimètre cube (en millions)....................	7,05	15,0
51.	Proportions des leucocytes par millimètre cube (en milliers)....................	13,8	35,0
55.	Densité du sang avant hémorragie à 18°....	1059,6	20,0

Nous diviserons nos chiens hémorragiés en quatre groupes :

A. Cinq animaux n'ayant pas subi d'injections veineuses (hémorragie simple).

B. Quinze ayant reçu des injections intraveineuses diverses. Presque toujours la masse liquide injectée était le double de la masse du sang écoulé. Ce liquide injecté était une solution de NaCl à 7 pour 100, tantôt simple, tantôt additionnée de glycose ou de lactose à 10 pour 1000, ou de chloralose à 3 pour 1000; quelquefois le bromure de sodium à 12 pour 1000 remplaçait le NaCl.

C. Trois ayant reçu des injections du liquide isotonique de NaCl additionné de 20 pour 100 de sérum de cheval.

([1]) Voir notre Note au *Bulletin de la Société de Biologie*, 22 juin 1918. Ici les chiffres diffèrent légèrement de ceux qui ont été publiés, car nous avons ajouté quelques nouvelles (huit) mensurations.

([2]) L'écart moyen relatif, ou écart moyen centésimal, est très important à connaître, car il donne une notion exacte sur la constance ou la variabilité de telle ou telle fonction suivant les divers individus. C'est bien à tort que, dans les expériences physiologiques, on n'en tient jamais compte.

Pour avoir l'écart moyen des densités, nous n'avons pris que l'écart de la variable, c'est-à-dire des substances qui s'ajoutent à l'eau du sang et qui en modifient la densité. De la densité observée nous déduisons la densité de l'eau distillée, soit l'unité. Alors, si par exemple nous trouvons dans trois mesures 1063, 1060, 1057, nous dirons que l'écart moyen de la densité devra être apprécié par l'écart moyen des trois nombres 63, 60, 57 (c'est-à-dire 2); l'écart moyen relatif sera $\frac{2}{60}$ (c'est-à-dire 3,33).

D. Quatre ayant reçu des injections du liquide isotonique de NaCl. Mais ils diffèrent des autres chiens parce que nous leur faisions une grande hémorragie profuse, au lieu de petites hémorragies graduelles, successives, de 125^g de sang environ, toutes les demi-heures environ.

Le Tableau suivant donne les moyennes de ces 27 expériences. Les chiffres se rapportent tous à l'état du sang au moment de la mort (densité, masse, hématies, leucocytes), c'est-à-dire au moment précis où le cœur cessait de battre, et où les centres nerveux cessaient de provoquer les mouvements respiratoires.

Densité, hématies, masse et leucocytes dans les hémorragies (¹).

	Masse par kilo (en grammes).	Hématies par kilo (en milliards).	Δ.	Proportions des hématies (par mm³).	Proportions des leucocytes (par mm³).	Écart moyen relatif. Masse.	Écart moyen relatif. Hématies.	Écart moyen relatif. Δ.	Écart moyen relatif. Proportions des hématies.	Écart moyen relatif. Proportions des leucocytes.
1° En nombres absolus.										
Normaux	67	457	1059,5	7,05	13,8	10	16	20	15	35
Groupe A....	19	110	1053	5,8	20,5	10	16	11	10	35
» B....	18	41	1037	3,2	11,5	17	40	24	35	15
» C....	26	19	1026	0,8	3,3	14	4	27	25	75
» D....	19	63	1047	4,3	15,4	28	24	21	35	100
2° Par rapport aux constantes normales (avant l'hémorragie) faites égales à 100.										
Normaux	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Groupe A....	27	24	88	84	142	110	100	156	71	106
» B....	26	9	60	45	82	180	250	340	250	45
» C....	38	4	42	11	23	156	25	380	180	225
» D....	27	14	78	62	108	310	150	300	250	300

De ces multiples données nous pouvons déduire quelques conclusions formelles.

α. L'étude de l'écart moyen relatif permet de savoir quelle est parmi les

(¹) Pour rendre plus saisissant l'effet des injections intraveineuses, réunissons les 22 expériences (groupes B, C, D) où il y a eu injections, en les opposant aux 5 expériences (groupe A) où l'hémorragie a été simple (et supposée égale à 100) :

	Masse.	Hématies (par kilo).	Δ.	Proportions des hématies.	Proportions des leucocytes.
5. Pas d'injections..............	100	100	100	100	100
22. Avec injections..............	104	37	68	52	55

fonctions du sang la plus stable. Au moment de la mort, dans ces 27 expériences, l'écart a été de 17 pour la masse; de 22 pour la densité; de 29 pour les hématies.

β. Les injections intraveineuses de liquides isotoniques introduits dans la circulation en quantités doubles des quantités de sang perdues permettent au cœur de battre, et aux centres nerveux respiratoires de rester actifs, avec un nombre d'hématies bien moindre que s'il n'y avait pas eu injection. Après hémorragie simple ([1]) la mort survient quand la perte en hématies, par rapport au chiffre initial, est de 77 pour 100. Mais si l'on fait des injections intraveineuses, on peut, avant qu'il n'y ait syncope mortelle, atteindre des pertes de 87 pour 100, et même (avec injection de sérum de cheval) de 96 pour 100.

D'où cette conclusion extrêmement importante, que *la mort après une hémorragie simple est due à une autre cause qu'à un déficit globulaire* ([2]).

γ. D'autre part, chez tous les chiens qui sont morts avec un nombre total d'hématies supérieur à 8 pour 100 du nombre initial, la masse du sang s'est abaissée à un chiffre qui a été toujours le même (en moyenne), soit 26, 27 et 27 pour 100. On peut donc en inférer, sans qu'il y ait lieu d'examiner ici plus précisément par quel mécanisme, que la mort a été déterminée par la diminution de la masse du sang.

D'où cette seconde conclusion, très importante aussi, que, *pour le maintien de la vie du cœur et des centres nerveux, la proportion minimale pour les hématies est de* 4 *pour* 100, *et, pour la masse de sang, de* 27 *pour* 100. *Ces deux conditions doivent être satisfaites.*

Or, par les injections intraveineuses, plus faciles et moins dangereuses que les transfusions de sang complet, on peut remédier à l'abaissement de la masse du sang.

δ. Malgré l'introduction dans le système circulatoire de quantités de liquide considérables, la masse du sang se modifie bien moins qu'on ne pourrait le supposer *a priori;* car les liquides injectés diffusent très vite

---

([1]) Ou plutôt après une série de petites hémorragies graduelles, successives; car les effets d'une grande hémorragie unique sont un peu différents. Nous ne traiterons pas ici de ces grandes hémorragies pour ne pas compliquer encore une question déjà très compliquée.

([2]) Chez quelques-uns des animaux expérimentés, la température du corps s'était abaissée à 30°. Il y aura lieu d'examiner ultérieurement l'influence de cette hypothermie.

dans les tissus. *Il faut donc injecter de grandes quantités de liquides, si l'on veut modifier notablement la masse du sang circulant.* Tant que la masse du sang reste supérieure à 30 pour 100 (en supposant, bien entendu, que le nombre des hématies ne tombe pas au-dessous de 5 pour 100), le cœur continue à battre; il y a encore des mouvements respiratoires et des réflexes.

ε. L'injection du sérum de cheval dilué semblerait, d'après nos expériences, tout à fait favorable; mais le sérum de cheval est dangereusement différent suivant l'individualité de l'animal qui a fourni ce sérum. C'est un liquide qui est *quelquefois* assez toxique, probablement plus toxique pour l'homme que pour le chien. De plus, avec ces injections de grandes masses de sérum, on s'expose à déchaîner des accidents anaphylactiques formidables, la plupart des blessés ayant reçu déjà des injections de sérum antitétanique. Il faudra donc se contenter de faire des injections isotoniques de NaCl à 7 pour 1000.

Il nous a semblé que l'addition de 10 pour 1000 de glycose ou de lactose avait des effets très favorables. Mais nous réservons à un Mémoire ultérieur l'étude des liquides divers qui peuvent être injectés.

Conclusion. — Nous pouvons appliquer à la thérapeutique chirurgicale ces données précises de thérapeutique expérimentale [1].

En cas d'hémorragie grave, le chirurgien *ne devra pas hésiter à faire des injections intraveineuses extrêmement abondantes*, mais cependant graduelles, fractionnées, successives; ce qui nous a donné expérimentalement les meilleurs résultats.

Évidemment ces injections abaisseront beaucoup la proportion centésimale des hématies; mais elles augmenteront la masse du sang. Et c'est cela qui importe; car en général, après hémorragie, il reste encore un nombre d'hématies parfaitement compatible avec la vie du cœur et du système nerveux.

---

[1] Il est vraisemblable que chez l'homme la diminution dangereuse, pour la masse comme pour les hématies, est à un niveau plus élevé que chez le chien. Chez le chien il y a imminence de mort quand la proportion centésimale des globules est de 84 pour 100 du chiffre initial, et la densité voisine de 1052.

ZOOLOGIE. — *Sur les rapports de l'Ontogénie à la Taxinomie chez les Batraciens anoures.* Note (¹) de M. **G.-A. Boulenger.**

Il y a 30 à 40 ans, la théorie de la récapitulation ontogénétique obsédait l'esprit des zoologistes cherchant à établir la classification sur des bases phylogéniques. L'étude des larves des Batraciens anoures, dont les différences nous servent souvent à contrôler la valeur d'espèces litigieuses, semblait pouvoir fournir un solide point d'appui à la taxinomie. On se représentait la Grenouille comme faisant, au cours de son développement, l'ascension de son arbre généalogique, on croyait pouvoir fonder des familles, des sous-ordres, sur les caractères fournis par les têtards, « puisque, plus une différenciation est précoce, plus elle indique une origine commune éloignée » (²).

Tout récemment encore, on a voulu expliquer, comme un cas de convergence, le fait très remarquable de deux Grenouilles (*Rana tigrina* et *R. cancrivora*), voisines au point qu'elles ont été considérées jusqu'ici comme variétés de la même espèce, produisant des têtards extrêmement différents par leur armature buccale (³).

A mon avis ce cas se rattache plutôt à la catégorie de ceux désignés par Alfred Giard sous le nom de *pœcilogonie*. Je considère ces deux *Rana*, dont l'origine commune me paraît hors de doute, comme s'étant différenciés plus profondément dans leur état larvaire que dans leur état parfait (⁴), invoquant à l'appui de cette opinion des cas bien observés de polymorphisme larvaire chez *Rana temporaria* et de dimorphisme chez *Pelodytes punctatus*. Ces exemples sont d'autant plus remarquables que nous connaissons, d'autre part, des espèces très différenciées, *Pelobates fuscus* et *P. cultripes*, *Alytes obstetricans* et *A. Cisternasii*, dont les têtards ne fournissent aucun caractère distinctif constant.

Par contre, au fur et à mesure que nos connaissances s'accroissent, des exemples frappants surgissent de tous côtés d'espèces voisines dont les larves sont différentes au point qu'on a peine à se figurer qu'elles appar-

---

(¹) Séance du 1er juillet 1918.
(²) F. Lataste, *Journ. de Zool.*, t. 6, 1877, p. 72.
(³) N. Annandale, *Mem. As. Soc. Beng.*, t. 6, 1917, p. 115.
(⁴) *Rec. Ind. Mus.*, t. 15, 1918, p. 65.

tiennent à des espèces congénériques. Citons les divers *Megalophrys* (¹), *Rana chalconota*, *jerboa*, *Whiteheadi* (²), *Rana Beddomii* et *semipalmata* (³). Le spiraculum médio-ventral, longtemps considéré comme propre aux Discoglossides, se retrouve, à l'autre bout de la série taxinomique, chez les Engystomatides (⁴).

Certaines de ces modifications, de ces écarts du type primitif conservé dans la plupart des familles, sont évidemment d'ordre adaptatif, comme, par exemple, le disque adhésif ventral de certains tétards des genres *Rana* et *Staurois* vivant dans des ruisseaux torrentueux où ils se fixent aux pierres à l'aide de cette ventouse, de même que certains poissons habitant les mêmes eaux; mais d'autres ne semblent pas l'être et l'on doit se rabattre sur l'explication que la larve, tout comme elle a un mode de vie à part dans l'ontogénie de l'espèce, a évolué indépendamment de l'adulte au cours de ce détournement du développement direct.

Tout en admettant la grande importance de la connaissance des stades larvaires, surtout en ce qui concerne l'élucidation des affinités des types dégradés, j'ai toujours été d'opinion que les caractères qu'ils fournissent ne peuvent nous guider dans la recherche de la classification naturelle des Batraciens anoures, dans leurs grandes lignes du moins.

Mais il y a plus : un grand nombre d'espèces ont abrégé, ou même supprimé, les métamorphoses en dehors de l'œuf (embryogénie condensée); citons, comme exemples, les *Alytes*, les *Hylodes*, le *Pipa*, les *Nototrema*, certains *Hyla* et *Rana*. Ici encore, ces différences, pourtant si profondes, ne correspondent aucunement aux rapports qui relient les formes adultes et n'ont, par conséquent, pas de valeur au point de vue taxinomique. Ces faits sont trop connus pour qu'il soit nécessaire d'insister; je dois cependant faire allusion à des recherches auxquelles je me suis livré récemment sur la grandeur relative des œufs chez les espèces du genre *Rana*, recherches qui aboutissent naturellement au même résultat en ce qui concerne la classification.

Rappelons d'abord que la grosseur et le nombre des œufs varient selon la taille de l'individu qui les produit. C'est ainsi que chez notre *R. temporaria*, dont la femelle apte à la reproduction mesure de 50^{mm} à 100^{mm} du

---

(¹) BOULENGER, *Proc. Zool. Soc. Lond.*, 1908, p. 410.
(²) BOULENGER, *Proc. Zool. Soc. Lond.*, 1893, p. 626.
(³) ANNANDALE, *Rec. Ind. Mus.*, t. 15, 1918, p. 18.
(⁴) NARAYAN RAO, *Rec. Ind. Mus.*, t. 15, 1918, p. 41.

museau à l'anus, les œufs varient entre 2^{mm} et 3^{mm} de diamètre et leur nombre entre 1100 et 4000. Chez *R. esculenta*, dont la taille, en France, est à peu près la même, les œufs ne mesurent que de 1^{mm} à $1^{mm},5$; ils sont par contre plus nombreux : 5000 à 10000.

Sous le rapport des dimensions des œufs et de leur nombre, ces deux Grenouilles communes d'Europe représentent les extrêmes de ce qu'on peut considérer comme normal pour le genre *Rana*, le plus grand nombre des espèces, tant celles des régions tempérées que celles des tropiques, se tenant entre ces limites. C'est ainsi que, sur 40 espèces indo-malaises dont j'ai pu examiner des femelles à oviductes pleins, 27 produisent des œufs mesurant de 1^{mm} à $2^{mm},5$ de diamètre et plus ou moins pigmentés.

Il y a cependant des espèces dont les œufs, quoique pigmentés, sont remarquablement grands relativement à la taille du Batracien et, par conséquent, peu nombreux; je puis citer comme tels :

	Longueur de la femelle.	Diamètre de l'œuf.
	mm	mm
R. pileata Blgr.	52	3
R. Blanfordii Blgr.	50	3
R. palavanensis Blgr.	36	3
R. Beddomii Gthr.	40	2
R. diplosticta Gthr.	27	2

D'autres se distinguent par des œufs remarquables par l'absence de toute pigmentation :

	Longueur de la femelle.	Diamètre de l'œuf.
	mm	mm
R. opisthodon Blgr.	60	6
R. livida Blyth.	90-100	2
R. latopalmata Blgr.	52-100	1,5-2
R. Swinhoana Blgr.	83	3
R. glandulosa Blgr.	65	3
R. crassiovis Blgr.	63	2
R. Limborgii W. Scl.	35	3
R. Hascheana Stol.	35	3

Comme la pigmentation des œufs répond à leur exposition à la lumière, il y a lieu de conclure que ceux qui en sont dépourvus sont déposés sous les pierres, sous la mousse ou dans des trous, à moins que l'un des parents ne s'en charge; mais nous ne savons rien encore de leur développement, si ce

n'est que deux des espèces citées passent par l'état de têtard. Notons cependant que la Grenouille des îles Salomon, *R. opisthodon*, sort de l'œuf à l'état parfait.

Un biologiste dont les publications ont été beaucoup discutées, P. Kammerer, prétend avoir réussi à provoquer la pœcilogonie chez l'*Alytes obstetricans* en modifiant ses conditions d'existence, et il considère comme un cas d'atavisme la réduction de la masse vitelline qui selon lui résulterait, après un petit nombre de générations, de la ponte à l'eau. Je ne puis me rallier à cette interprétation, car, en y réfléchissant, il semble inadmissible que des œufs du type de nos Crapauds ordinaires aient jamais pu se prêter aux conditions biologiques du développement hors de l'eau, tel que nous le connaissons chez l'Alyte. Il est bien plus naturel de conclure que c'est la grandeur préexistante des œufs, et la réduction en nombre qui l'accompagne toujours, qui a permis au mâle de s'en charger afin de les soustraire aux dangers auxquels sont exposés ceux, cent fois plus nombreux, des Crapauds. Dans presque tous les grands genres d'Anoures, comme parmi les *Rana*, on rencontre des espèces à œufs à grand vitellus, et je considère comme très probable que ceux-ci représentent l'état primitif, dont la tendance générale a été de s'écarter [1].

RADIOLOGIE. — *Recherche du filaire de Médine par la radiographie.* Note de MM. **Dimier** et **J. Bergonié**.

Il est rare que l'on puisse déceler, par la radiographie, des parasites de l'homme. Ces parasites, en effet, ont, le plus souvent, le même degré de transparence aux rayons X que les tissus dans lesquels ils sont enkystés.

Nous avons été assez heureux pour retrouver le filaire de Médine, vulgairement dragoneau, chez un certain nombre de nos blessés de la Guinée ou du Sénégal.

Les premières radiographies montrent ce ver enkysté et infiltré de sels calcaires. On y voit le ver enroulé en une spirale plate, dont on peut suivre les diverses spires. Les sièges les plus habituels ont été, dans nos recherches, toujours les membres inférieurs, la jambe de préférence, le pied, au

---

(1) Voir Boulenger, *Les Batraciens* (*Encyclopédie scientifique*), 1910, p. 49, et *Ann. and Mag. N. H.*, 8e série, vol. 20, 1917, p. 184.

voisinage du tendon d'Achille, mais quelquefois le genou, et même le voisinage du fémur, au tiers inférieur de la cuisse.

Retrouver les vers déjà morts depuis longtemps et infiltrés de sels calcaires n'a pas un très grand intérêt, puisqu'aucune intervention n'est indiquée. Il n'en est plus ainsi lorsqu'on recherche si un abcès pouvant être produit par le dragoneau l'est en réalité par lui ou provient de toute autre cause. C'est à quoi nous sommes arrivés en nous servant de rayons très mous (2 à 2,5 Benoist). Les radiographies jointes à cette Note montrent ces vers, au niveau de certaines blessures, pouvant permettre de diagnostiquer que l'abcès ne tient pas à la blessure elle-même mais au parasite.

NOMINATIONS.

M. **Charles Richet** est désigné pour faire une lecture à la *séance solennelle des cinq Académies*, qui aura lieu le 25 octobre 1918.

CORRESPONDANCE.

M. **W. Kilian** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1917.

ASTRONOMIE. — *Observations et identification de la Nova de l'Aigle.* Note de M. **Robert Jonckheere**, présentée par M. Bigourdan.

Avec l'obligeante permission de Sir Franck Dyson, astronome royal, j'ai l'honneur de communiquer un bref résumé des quelques observations de la Nova que j'ai faites à Greenwich.

A l'équatorial de 72^{cm} : la Nova, le 8 juin, présentait une image focale identique à celle des autres étoiles blanches; le 8 à 14^h (T. M. G.) au crépuscule, par une atmosphère favorable, l'étoile fut examinée avec des grossissements de 670 et 1200. Les anneaux de diffraction étaient bien

définis et le faux disque paraissait normal, c'est-à-dire d'environ 0″,2 de diamètre. L'auréole produite par le spectre secondaire était plutôt verdâtre que bleutée.

Dès le 10 juin au contraire, l'image formée pas le grand réfracteur était entourée d'une couronne rouge et, plus loin du centre, d'un halo violacé. Ces particularités sont depuis cette date devenues de plus en plus accentuées si bien que le 29 juin, avec la meilleure mise au point, l'image ressemblait à une large cocarde formée de toutes les couleurs du spectre.

Avec un spectroscope oculaire de Hilger, sur ledit réfracteur, le spectre paraissait continu et ne présentait rien de bien particulier le 8 juin. A partir du 10 juin, le même instrument indiquait la présence de deux fortes bandes brillantes, la plus lumineuse presque à l'extrémité du rouge, l'autre entre le vert et le bleu; le 11 juin, 9 bandes brillantes étaient visibles dans un spectre continu plus faible. Une de celles-ci se trouvait au loin dans le bleu violet. Depuis lors, l'aspect général a peu changé.

Des mesures photométriques furent obtenues de plusieurs façons entre la Nova, Altaïr, Véga et Arcturus. Celles que je présente ici ont été prises à l'œil nu en déplaçant devant l'œil un photomètre gradué à extinction. L'étoile de comparaison est ici uniquement Altaïr, considéré de la grandeur 0,89. Pour la moyenne des observations cette étoile se trouvait à la même altitude que la Nova; l'effet de l'absorption atmosphérique ne doit donc pas être considéré; elle était d'autre part suffisamment près de la Nova pour permettre des observations simultanées.

Date. 1918.	T. M. G.	Grandeur.	Teinte.
	h m		
Juin 8.........	11.50	0,94	verdâtre
» 8.........	12.30	0,89	»
» 8.........	13.45	0,93	»
» 9.........	9.50	−0,18	bleuâtre
» 10.........	9.50	0,11	blanche
» 10.........	11.35	0,19	»
» 11.........	10.50	0,44	jaunâtre
» 11.........	12.10	0,39	»
» 12.........	9.30	0,49	»
» 12.........	11.30	0,83	»
» 12.........	12. 0	0,84	»

Le 9 juin, les mesures ont été interrompues par des nuages; ce n'est du

reste que le 8 que le ciel ne fut pas nuageux. Depuis le 12 juin ces observations ont été délaissées, car l'apparition de la Nova était dès lors bien connue et des déterminations de grandeur entreprises par des observateurs plus expérimentés en cette matière.

Par la méthode que j'ai utilisée dans mes recherches d'étoiles doubles (¹), j'ai, le 8 juin, identifié les étoiles du B. D. qui entouraient la Nova. Il fut ainsi déterminé que la nouvelle étoile formait le sommet d'un triangle isocèle ayant pour base les étoiles B. D. + 0° n° 4022 et + 0° n° 4023 à angle droit de l'équateur.

Reportant les mesures micrométriques différentielles sur les photographies de la région des cartes Franklin-Adams et du Catalogue astrographique, j'eus le plaisir de constater que les mesures pointaient exactement sur une étoile beaucoup plus brillante que je ne l'avais espéré. Elle porte le n° 108 du cliché 1003 du Catalogue photographique d'Alger; renseignement déja communiqué à l'Académie (²). Cette étoile se trouve :

1° Sur la carte Franklin-Adams (n° 111), centre Æ $18^h56^m49^s$, Ⓓ $+0°2',4$, photographiée à Johannesburg le 3 août 1910;

2° Sur la carte du Catalogue astrographique (zone + 1°, n° 141), photographiée à Alger le 20 août 1909;

3° Dans le Catalogue d'Alger (t. 5, p. A.169), où les coordonnées rectilignes sont données d'après un cliché obtenu le 26 juin 1895.

Voici la position de cette étoile pour 1918,0 réduite d'après les coordonnées rectilignes de 1895, ainsi que la position de la Nova déterminée d'après quatre nuits de mesures micrométriques différentielles à l'aide de l'équatorial de 72^{cm} :

	Æ.	Ⓓ.
Alger, 26 juin 1895.............	$18^h44^m43^s,52$	$+0°29'31'',0$
Greenwich, 10 juin 1918.........	$18^h44^m43^s,49$	$0°29'30'',3$

Comme étoile de comparaison j'ai utilisé les coordonnées qui viennent d'être obtenues au cercle méridien de Greenwich, pour l'étoile B. D. + 0° n° 4023 de la grandeur 8,5.

Le Catalogue d'Alger donne pour l'étoile 108 du cliché 1003 la grandeur 8,8. C'est la première fois qu'une étoile *temporaire* a été identifiée

(¹) *Mémoires de la Royal astronomical Society*, vol. 61.

(²) Séance du 10 juin 1918.

pour une ancienne étoile aussi brillante et pour laquelle la position avait été précédemment aussi rigoureusement déterminée.

Sur les photographies de 1909 et 1910 l'étoile paraît un peu plus faible que BD + 0° n° 4022, alors que le Catalogue d'Alger l'indique de même grandeur en 1895. Il est possible par conséquent qu'elle soit devenue plus faible avant 1918. Si M. Comas Solà a bien identifié cette même étoile du Catalogue astrographique sur les récentes plaques de Barcelone, les grandeurs qu'il indique semblent appuyer cette variation.

Dates.	Lieux.	Grandeurs.
1895	Alger	8,8
1909	Alger	9,5
1910	Johannesburg	9,5
1915	Barcelone	10,2
1916	Barcelone	10,2
1917	Barcelone	11,0

Comme l'étoile était déjà comparativement brillante précédemment, cette « Nova » restera probablement visible à l'œil nu pour une période plus longue que de coutume pour les étoiles de cette classe.

ASTRONOMIE. — *Température maximum d'un astre qui se condense.* Note (¹) de M. A. Véronnet, présentée par M. P. Puiseux.

On a vu dans une Note précédente que la température maximum d'un astre diffus qui se condense avait lieu quand la densité atteignait le quart de la densité limite du gaz. On peut déterminer la pression et la température qui correspondent à cette condition, d'après la loi des gaz, et les circonstances nécessaires pour les réaliser.

1° *Étude de la pression.* — En faisant $\rho = \frac{1}{4}\rho_0$ dans la formule des gaz réels on obtient pour la pression, avec les notations usuelles,

$$p = \frac{1}{3}\frac{RT}{\mu}\rho_0. \tag{1}$$

La densité limite ρ_0 peut être prise proportionnelle au poids moléculaire μ.

(¹) Séance du 1er juillet 1918.

Elle dépend aussi de la température. On peut considérer le coefficient de dilatation cubique α comme constant (loi des gaz), ou le coefficient de dilatation linéaire λ comme constant (autre formule limite). On aura

$$(2) \qquad \rho_0 = \rho_{01} \frac{\mu}{\mu_1} \frac{1+\alpha T_1}{1+\alpha T}, \qquad \rho_0 = \rho_{01} \frac{\mu}{\mu_1} \frac{(1+\lambda T_1)^3}{(1+\lambda T)^3}.$$

ρ_{01} est la densité limite des éléments μ_1 à la température T_1. En tenant compte de (2) la pression p dépend uniquement de T. Elle tend vers une limite pour la première forme, et passe par un maximum pour la seconde, quand la température croît. En admettant que le rayon du Soleil à 0° serait réduit de moitié et sa densité huit fois plus grande, on obtient une pression limite de 1400^{atm} pour α constant. La pression maximum pour λ constant est de 1240^{atm} et la température correspondante de 3000°.

2° *Température centrale maximum.* — Cette pression limite est atteinte d'abord au centre. Or la pression au centre d'un astre dépend avant tout de la densité moyenne et reste du même ordre quelle que soit la loi des densités. On peut donc en première approximation considérer la densité comme uniforme dans la contraction. La pression centrale est donnée par la formule

$$(3) \qquad p_0 = \frac{1}{2} f \frac{M}{r} D.$$

En y faisant $D = \frac{1}{4}\rho_0$ (D densité moyenne) et l'égalant à (1), on obtient

$$(4) \qquad f \frac{M}{r} \frac{\mu}{RT} = \frac{8}{3}.$$

Le premier membre est précisément le paramètre dont la valeur détermine la courbe des densités à l'intérieur d'un astre gazeux. Sa valeur, égale à 850000 pour le Soleil, d'après ses constantes actuelles, se réduit, pour l'astre considéré ici, à $\frac{8}{3}$. De plus, la masse demeurant constante dans la contraction, $Dr^3 = D_1 r_1^3$. On peut alors calculer r et T au moyen de (2) et (4). Pour un astre de même masse que le Soleil et formé des mêmes éléments, la température centrale maximum serait de 57 millions de degrés avec un rayon 34 fois plus grand que le rayon actuel, dans le cas d'une dilatation cubique constante, ou 3 millions et 213 rayons, dans le cas d'une dilatation linéaire constante. Pour un astre formé d'hydrogène

dissocié, $\mu = 1$ au lieu de 220, on obtient respectivement 220000 et 73000 degrés avec des rayons 34 et 118 fois plus grands que le rayon actuel.

3° *Discussion.* — Il s'agit de la température maximum au centre seulement, mais la pression moyenne et la température moyenne restent du même ordre. On peut les prendre égales en première approximation. La contraction d'une masse gazeuse permet-elle de réaliser ces températures?

La température la plus élevée est réalisée par un astre qui se condense instantanément d'un seul coup, car alors il n'y a pas de perte par rayonnement. On a

$$(5) \qquad W = U, \qquad \frac{3}{5} f \frac{M^2}{r} = McET.$$

Or c, la capacité calorifique, est à peu près inverse de μ, poids moléculaire (loi de Dalton) et égale à 3 pour l'hydrogène. De plus E, équivalent mécanique de la calorie, est égal à $\frac{1}{2}$ R. On obtient

$$(6) \qquad f \frac{M}{r} \frac{1}{T} = \frac{5}{3} cE = \frac{5}{3} c_1 \frac{\mu_1}{\mu} E = 5 \frac{R}{\mu}.$$

Cette valeur est du même ordre que celle de la formule (4) correspondant à la température maximum étudiée ici. Elle ne peut donc être réalisée que par une condensation brusque ou le choc de deux astres. Les étoiles diffuses, à faible densité, seraient des *étoiles nouvelles*, d'origine récente.

De plus, la vitesse de contraction doit être proportionnelle à $T^4 r^4$. L'attraction ne peut la réaliser ici. Il y a refroidissement trop rapide. Il y aura donc rupture de l'équilibre physique et de nouveau condensation brusque. Les étoiles diffuses, à haute température, doivent être des *étoiles variables*. C'est ce qui a lieu.

La même loi de contraction montre aussi qu'une masse égale à celle du Soleil, dans ces conditions, ne mettra que 30 ans pour se contracter à un rayon double de son rayon actuel. C'est donc un état instable et de transition. Notre Soleil est encore soumis à des périodes qui sont peut-être des traces de cet état antérieur variable.

PHYSIQUE. — *Densité, compressibilité et masse atomique de l'argon.* Note de M. A. Leduc.

L'argon, comme précédemment le néon, m'a été fourni avec une extrême obligeance par M. Claude. Ce gaz renfermait environ 5 pour 100 d'impuretés, dont la majeure partie était formée par l'azote et l'oxygène, qui se rapprochent le plus de l'argon par leurs constantes critiques. Cependant l'oxygène, comme d'autre part le néon et l'hélium, avaient été presque complètement éliminés dans la distillation fractionnée opérée par M. Claude, avec le secours du charbon de coco. Pour achever la purification, je le fis passer plusieurs fois d'un flacon dans un autre, au moyen d'une pompe à mercure, à travers deux tubes chauffés au rouge sombre et garnis, l'un de calcium en planures et l'autre d'oxyde de cuivre. Celui-ci avait pour mission de brûler les carbures d'hydrogène qui auraient pu être dégagés par le calcium. Un tube en U chargé de potasse finement concassée retient, s'il y a lieu, l'anhydride carbonique; un autre, chargé d'anhydride phosphorique, assure la dessiccation.

Le gaz est considéré comme pur lorsqu'une nouvelle opération ne modifie plus sa densité. Cette densité limite, déterminée par la méthode déjà décrite, a été trouvée égale à 1,3787. La différence entre ce nombre et celui obtenu par Ramsay et Travers (1,379) ne peut être garantie, tant à cause du volume réduit du ballon (600^{cm^3}) que du trop petit nombre d'expériences.

La compressibilité de ce même gaz a été étudiée comme il a été dit à propos du néon (1), entre 1^{atm} et 5^{atm}. Le coefficient moyen d'écart à la loi de Mariotte, entre ces limites et à 14°, a été trouvé égal à $10,2.10^{-6}$ par centimètre de mercure.

Les courbes et les formules qui résument mes expériences sur les gaz normaux donneraient pour ce coefficient $8,5.10^{-6}$ seulement, en admettant pour les constantes critiques, d'après Crommelin, — 122°,4 et 48^{atm}.

Si ces données sont à peu près exactes, l'argon ne se place donc pas dans la série normale, et pour lui appliquer les formules qui permettent de calculer diverses données numériques, il faut remplacer la pression critique observée par 40^{atm} environ.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 864. Voir aussi *Annales de Physique*, 9e série, t. 9, p. 5.

On trouve aisément que le volume moléculaire relatif de l'argon par rapport au gaz parfait fictif dans les conditions normales est 0,9990, c'est-à-dire à peine différent de celui de l'oxygène (0,9992).

La masse moléculaire, qui se confond ici avec la masse atomique, est donc

$$32 \times \frac{9990}{9992} \times \frac{1,3787}{1,1053} = 39,91.$$

La seconde décimale ne pouvant être garantie, il convient de conserver le nombre 39,9, admis par la Commission internationale, qui résulte des expériences de Ramsay et Travers.

OPTIQUE. — *Démonstration expérimentale de la constance de vitesse de la lumière émise par une source mobile.* Note (1) de M. Q. **Majorana**, transmise par M. Lippmann.

Dans une Note précédente (2) j'ai décrit une disposition expérimentale au moyen de laquelle j'ai pu démontrer que la lumière se propage avec une vitesse constante, indépendante des conditions de mouvement ou de repos d'un miroir sur lequel elle se reflète. Cette conclusion confirme les résultats déjà obtenus avec des méthodes différentes de la mienne par Michelson, Fabry et Buisson (3). A la fin de la Note citée, j'avais parlé de mon intention d'étudier expérimentalement l'influence éventuelle du mouvement de la source sur la vitesse de propagation de la lumière; l'objet de cette Note est de rendre compte de cette recherche.

Les seules observations faites avec des sources lumineuses mobiles sont celles astronomiques, et celles faites avec les rayons canaux. Il ne paraît pas qu'on aie déjà tenté de démontrer l'effet Doppler-Fizeau, avec le mouvement artificiel d'une source lumineuse commune; la difficulté de cette recherche dépend principalement de la nécessité de devoir donner à la source une vitesse de déplacement considérable. Supposons qu'il soit possible de vaincre cette difficulté, et que la source émette une lumière mono-

---

(1) Séance du 1er juillet 1918.

(2) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 424.

(3) Michelson, *Astrophysical Journal*, t. 37, 1913, p. 190. — Fabry et Buisson, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1498. Je n'ai été au courant de ces travaux qu'après la publication de ma Note précédente déjà citée.

chromatique de longueur d'onde λ. Examinons-la avec le dispositif interférentiel dont je me suis déjà servi pour les miroirs en mouvement; si v est la vitesse de la source le long du faisceau lumineux considéré, l la différence de marche entre les rayons interférents et c la vitesse de la lumière, on aura

$$f = \frac{lv}{\lambda c}$$

pour le nombre de franges qu'on verrait passer sur le fil du réticule oculaire, quand la vitesse de la source passe de zéro à v. Comme, dans une pareille expérience, v ne pourra jamais être très grand, au contraire, qu'il sera toujours moindre que la vitesse virtuelle des images réfléchies par les miroirs mobiles de l'expérience susdite, il est nécessaire de donner à l une valeur beaucoup plus grande, pour qu'on puisse observer sûrement le déplacement f. Il est nécessaire d'employer une source très monochromatique et intense. Nous avons donc employé la raie verte de l'arc au mercure ($\lambda = 0^{\mu},546$).

Je décidai donc de mettre en rapide mouvement de rotation quelques-uns de ces arcs spécialement construits; et j'arrivai à la conclusion, après quelques essais, qu'il fallait construire un appareil rotatif d'un diamètre considérable pour éviter, à égale vitesse périphérique, les nuisibles effets d'une force centrifuge excessive.

La lumière émise par les arcs devait être, ensuite, examinée avec l'interféromètre de Michelson, en faisant $l = 232^{mm}$, pour laquelle valeur j'ai pu constater un bon maximum de visibilité des franges d'interférence. Telle est donc la disposition que j'ai adoptée :

Deux tubes en verre, vides d'air, de forme spéciale (maximum de dimension 4^{cm}) sont fixés sur une roue horizontale, à l'aide de minces et forts fils en acier, en deux points diamétralement opposés. Ces tubes contiennent un peu de mercure (28^{g} à peu près) qui, par la force centrifuge, vient à recouvrir, pendant la rotation, les deux électrodes principales de chaque tube. Une troisième électrode sert à exciter, à l'aide de la décharge d'une bobine, l'arc voltaïque. Le courant continu à 70 volts (2 ou 3 ampères par tube) arrive aux tubes par des contacts glissants. La distance de chaque tube à l'axe de rotation vertical est d'environ 1^{m}; ainsi le diamètre de l'appareil tournant est de $2^{m},02$ (mesuré entre les deux foyers lumineux). La lumière est observée à l'aide de l'interféromètre de Michelson, tangentiellement au mouvement des deux sources. La vitesse de rotation peut être au maximum de 14 tours par seconde, à quoi correspond une vitesse périphérique d'en-

viron 90^{m} par seconde. On peut prévoir quel doit être le déplacement des franges dans l'interféromètre, sur la base de la formule reportée plus haut. Dans une série d'observations j'ai $v = 79^{m},77$; $l = 232^{mm}$, $\lambda = 0^{\mu},546$; ainsi que

$$f = \frac{232 \cdot 79,77}{546.3} 10^{-2} = 0,113 \qquad \text{et} \qquad 2f = 0,226.$$

Par l'inversion du mouvement de rotation de la roue l'observation m'a porté à déterminer un déplacement dont la valeur est assez près de celle citée, c'est-à-dire $2f = 0,238$. Jusqu'ici je ne puis pas dire si la différence est due à des erreurs systématiques; certes elle paraît supérieure à l'erreur probable des différentes observations.

En faisant abstraction de la différence d'environ 5 pour 100 entre les observations faites et la valeur prévue, on peut conclure que le déplacement des franges observé correspond au fait que *la vitesse de la lumière ne change pas par le mouvement de la source le long de la direction de sa propagation*. Ceci représente une vérification de laboratoire des observations astronomiques faites avec des réseaux de Rowland dans les cas où l'on connaît, par d'autres moyens, la vitesse des corps célestes, comme par exemple pour les bords du Soleil.

Des recherches exécutées par Michelson, Fabry et Buisson, et par moi-même, il résulte donc que la vitesse de la lumière n'est pas influencée par la réflexion sur des miroirs ou des surfaces réfléchissantes. De celles décrites maintenant par moi, il résulte encore que la susdite vitesse ne change pas par le mouvement de la source. Ces faits sont certes d'accord avec la théorie de la relativité; mais effectivement, malgré leur évident intérêt, ils ne peuvent pas, en toute rigueur logique, être cités comme sûre démonstration expérimentale de cette théorie. En effet, il ne faut pas oublier, entre autres conditions de l'expérience, les deux suivantes : 1° la présence de matière pondérable qui est traversée par les rayons interférents (air, verre, métal); et 2° l'existence du champ gravitationnel de notre Terre. Tandis qu'il est possible d'imaginer encore des expériences qui fassent abstraction de la première condition, on ne voit pas comment on pourrait expérimentalement éliminer l'influence possible de la seconde.

PHYSIQUE. — *Sur une propriété du ferromagnétisme.* Note de M. **Pierre Weiss**, présentée par M. J. Violle.

I. Aux très basses températures l'aimantation à saturation donne directement le moment atomique, aux températures élevées la variation linéaire de l'inverse du coefficient d'aimantation permet de calculer ce moment en s'appuyant sur la théorie cinétique et le champ moléculaire. Mais les moments ainsi trouvés sont différents. L'atome de nickel a trois magnétons dans le voisinage du zéro absolu et huit dans l'intervalle de 440° à 870°. Cela suffit pour poser le problème du ou des changements d'état qui se produisent entre ces deux régions. Ce problème se précise par le fait que le Point de Curie déterminé par la disparition de l'aimantation spontanée est à une quinzaine de degrés au-dessous de celui qui résulte de la droite des inverses des coefficients d'aimantation. Le voisinage du Point de Curie est donc plus particulièrement le siège de phénomènes inconnus.

II. La figure 1 donne les courbes d'aimantation du nickel pour diverses

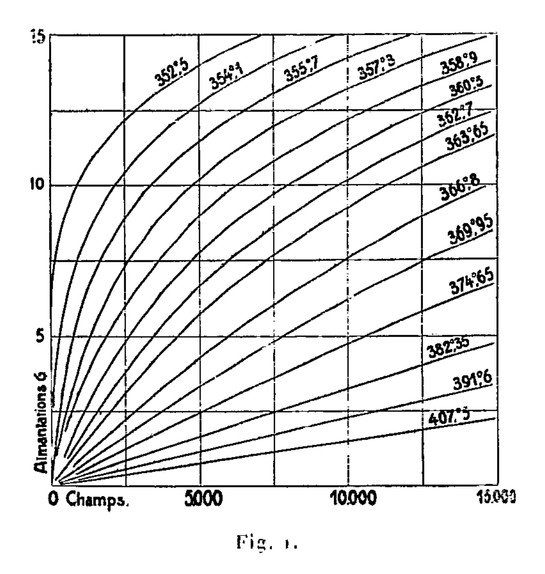


Fig. 1.

températures voisines du Point de Curie (¹).

Les mêmes expériences ont été représentées dans la figure 2, en portant

(¹) Mesures faites en collaboration avec M. A. Piccard, travail en voie d'exécution.

les champs en fonction de la température, pour des valeurs déterminées de l'aimantation spécifique σ. Cette représentation a révélé la relation linéaire existant entre l'aimantation et le champ pour σ = constante.

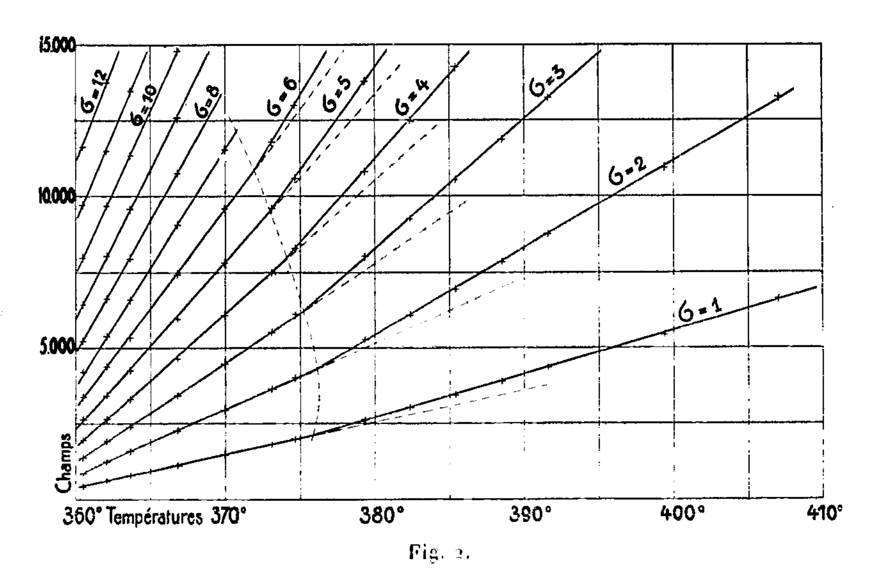


Fig. 2.

Mais les droites sont souvent coudées et le lieu des coudes partage le plan en régions correspondant chacune à un état de la matière.

III. Soit U l'énergie de la substance et soient la température T et σ les variables indépendantes. J'adopte pour le champ moléculaire la nouvelle définition $H_m = -\frac{\partial U}{\partial \sigma}$ qui a l'avantage d'éviter toute hypothèse sur la nature des forces qui le produisent et qui comprend l'ancienne :

$$H_m = n\sigma \qquad (n = \text{const.})$$

comme cas particulier. La chaleur élémentaire s'écrit

$$(1) \qquad dQ = c_\sigma dT - (H + H_m)\, d\sigma$$

et le principe de la conservation de l'énergie donne

$$(2) \qquad \frac{\partial c_\sigma}{\partial \sigma} = -\frac{\partial H_m}{\partial T}$$

et celui de Carnot

$$\frac{1}{T}\frac{\partial c_\sigma}{\partial \sigma} = -\frac{\partial \frac{H + H_m}{T}}{\partial T} \tag{3}$$

et par suite

$$\frac{\partial H}{\partial T} = \frac{H + H_m}{T} \tag{4}$$

et

$$\frac{1}{T}\frac{\partial c_\sigma}{\partial \sigma} = -\frac{\partial^2 H}{\partial T^2}. \tag{5}$$

Il résulte de (5) que, quand H est fonction linéaire de T, on a

$$\frac{\partial c_\sigma}{\partial \sigma} = 0.$$

A cause de (2) et (3) $\frac{H + H_m}{T}$ et H_m sont alors des fonctions de σ seulement :

$$\frac{H + H_m}{T} = \varphi_1(\sigma) \quad \text{et inversement} \quad \sigma = f\left(\frac{H + H_m}{T}\right), \tag{6}$$

$$H_m = \varphi_2(\sigma). \tag{7}$$

(6) est la loi générale de l'aimantation en fonction du champ total $H + H_m$ et de la température. Elle comprend comme cas particulier, en faisant $H_m = 0$, la loi donnée par Langevin pour les paramagnétiques. (7) exprime la dépendance du champ moléculaire de la seule variable σ.

IV. Il résulte de (4) que le coefficient angulaire de l'une des droites de la figure 2 donne la valeur de $\frac{H + H_m}{T}$ correspondant à la valeur de σ et son ordonnée à l'origine ($T = 0$) le champ moléculaire changé de signe. La connaissance d'une famille de droites résout donc par points le problème de la détermination des deux fonctions (6) et (7) dont dépend l'aimantation de la substance.

L'étude de la partie gauche de la figure 2 a montré que le champ moléculaire est, avec une bonne approximation, proportionnel à σ jusqu'à la limite des expériences ($\sigma = 16$). Dans la partie de droite, la proportionnalité existe aussi, mais avec un facteur différent. Les deux états du nickel sont, en outre, caractérisés par leurs nombres de magnétons et la grandeur des phénomènes magnétocaloriques.

ÉLECTRICITÉ. — *Calcul de la propagation des courants alternatifs sur les longues lignes, par la séparation des puissances réelle et réactive.* Note de M. **P. Boucherot**, présentée par M. A. Haller.

Pour établir la distribution de la tension et de l'intensité d'un courant alternatif le long d'une ligne très étendue, on fait appel généralement, soit à l'emploi d'équations aux dérivées partielles du second ordre, soit à celui des imaginaires.

Le but de la présente Note est de montrer qu'on peut se passer des imaginaires et n'avoir à intégrer cependant qu'une équation différentielle ordinaire à une seule variable, la distance, en utilisant le principe de la conservation des puissances réelle et réactive. La tension et le courant ne figurent alors dans le calcul que par leurs valeurs *efficaces*. Soient :

r, la résistance linéaire de la ligne ;
s, sa réactance linéaire ;
c, sa conductance linéaire latérale ;
a, le produit de la capacité linéaire latérale par la pulsation ;
U, la valeur efficace de la tension en un point quelconque ;
I, la valeur efficace du courant ;
P, la valeur de la puissance réelle ;
Π, la valeur de la puissance réactive, toujours au même point.

On a d'abord en chaque point

$$P^2 + \Pi^2 = U^2 I^2. \tag{1}$$

Le long d'un élément dx, la dissipation de puissance réelle est $I^2 r\,dx$ du fait de la résistance, et $U^2 c\,dx$ du fait de la perte latérale ; la dissipation de puissance réactive est $I^2 s\,dx$ du fait de la réactance, et $-U^2 a\,dx$ du fait de la capacité. On a donc

$$\frac{dP}{dx} = r I^2 + c U^2, \tag{2}$$

$$\frac{d\Pi}{dx} = s I^2 - a U^2. \tag{3}$$

En cheminant le long de la ligne d'une longueur dx, le courant varie de dI par la conductance et la capacité latérales ; on a donc

$$(P + U^2 c\,dx)^2 + (\Pi - U^2 a\,dx)^2 = U^2 (I + dI)^2 ;$$

d'où

$$\frac{dI^2}{dx} = 2(Pc - \Pi a), \tag{4}$$

en négligeant les infiniment petits du second ordre.

De même, la tension varie de dU par la résistance et la réactance, et l'on a

$$(P + rI^2 dx)^2 + (\Pi + sI^2 dx)^2 = (U + dU)^2 I^2;$$

d'où

$$\frac{dU^2}{dx} = 2(Pr + \Pi s). \tag{5}$$

Posons, pour simplifier l'écriture,

$$p = \sqrt{r^2 + s^2}, \qquad q = \sqrt{c^2 + a^2}, \qquad m = sa - rc;$$

puis dérivons (4) et (5), en remplaçant $\frac{dP}{dx}$ et $\frac{d\Pi}{dx}$ par leurs valeurs en (2) et (3), il vient

$$\frac{d^2U^2}{dx^2} = 2p^2 I^2 - 2mU^2, \tag{6}$$

$$\frac{d^2I^2}{dx^2} = 2q^2 U^2 - 2mI^2. \tag{7}$$

Tirons I^2 de (6) et remplaçons-le, ainsi que sa dérivée seconde, dans (7), il vient

$$\frac{d^4U^2}{dx^4} + 4m\frac{d^2U^2}{dx^2} + 4(m^2 - p^2q^2) = 0.$$

On trouve aisément que I^2, P et Π satisfont à la même équation différentielle, très facile à intégrer.

Posant encore, pour simplifier,

$$\alpha = \sqrt{2}\sqrt{pq - m}, \qquad \beta = \sqrt{2}\sqrt{pq + m}, \qquad n = sc + ra;$$

les valeurs générales de U, I, P et Π sont

$$U^2 = A_1 e^{\alpha x} + A_2 e^{-\alpha x} + B_1 \cos\beta x + B_2 \sin\beta x,$$

$$I^2 = \frac{q}{p}[A_1 e^{\alpha x} + A_2 e^{-\alpha x} - B_1 \cos\beta x - B_2 \sin\beta x],$$

$$P = \frac{\alpha}{2n}\left(a + \frac{sq}{p}\right)(A_1 e^{\alpha x} - A_2 e^{-\alpha x}) - \frac{\beta}{2n}\left(a - \frac{sq}{p}\right)(B_1 \sin\beta x - B_2 \cos\beta x),$$

$$\Pi = \frac{\alpha}{2n}\left(c - \frac{rq}{p}\right)(A_1 e^{\alpha x} - A_2 e^{-\alpha x}) - \frac{\beta}{2n}\left(c + \frac{rq}{p}\right)(B_1 \sin\beta x - B_2 \cos\beta x).$$

L'équation générale (1) donne une relation entre les quatre coefficients, qui est

$$B_1^2 + B_2^2 = 4A_1A_2.$$

Il en résulte que le problème est entièrement défini si l'on se donne la tension U; le courant I et le déphasage entre les deux, en un point quelconque de la ligne, au poste récepteur ou à l'usine génératrice, par exemple. Pour connaître le déphasage entre le courant et la tension en un point quelconque, autre que celui qui détermine les coefficients ci-dessus, point n'est besoin d'autre calcul que ceux qui viennent d'être faits.

Mais on se propose parfois de rechercher le déphasage ψ entre la tension en un point quelconque et une origine quelconque, ainsi que le déphasage ψ' entre le courant et cette même origine, desquels on déduit le déphasage φ entre le courant et la tension, puisque

$$\varphi = \psi' - \psi.$$

On trouve aisément les relations qui donnent ces déphasages, de la façon suivante :

En un point quelconque,

$$\tan \varphi = \frac{\Pi}{P},$$

d'où

$$d\varphi = \frac{P\,d\Pi - \Pi\,dP}{U^2I^2}.$$

Or, si l'on n'envisage que les éléments r et s qui agissent sur U et la phase de U, $d\varphi$ devient

$$d\psi = \frac{PsI^2\,dx - \Pi rI^2\,dx}{U^2I^2} = \frac{Ps - \Pi r}{U^2}\,dx.$$

Et si l'on n'envisage que ceux qui agissent sur I et la phase de I, $d\varphi$ devient

$$d\psi' = \frac{-PU^2a\,dx - \Pi U^2c\,dx}{U^2I^2} = -\frac{Pa + \Pi c}{I^2}\,dx.$$

On peut ainsi passer aux valeurs de ψ et ψ'.

Si l'on remarque que

$$P = \int dP = \int (rI^2 + cU^2)\,dx$$

et

$$\Pi = \int d\Pi = \int (sI^2 - aU^2)\,dx,$$

$d\psi$ et $d\psi'$ prennent les formes intéressantes suivantes :

$$d\psi = dx . n \frac{\int U^2 dx}{U^2},$$

$$d\psi' = dx . n \frac{\int I^2 dx}{I^2},$$

qui ne contiennent que la valeur efficace de la grandeur dont on cherche le déphasage.

GÉOLOGIE. — *Reproduction expérimentale de plissements montagneux et des nappes de charriages dans l'hypothèse d'un déplacement horizontal des couches internes.* Note (¹) de M. **Émile Belot**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans une Note précédente (²) j'ai présenté l'hypothèse d'un déplacement horizontal du Nord vers le Sud des couches internes de magma en fusion, provoqué par l'accroissement du renflement équatorial lors de la chute au cours des périodes géologiques de trois anneaux de satellites de la Terre. Des expériences instituées sur l'initiative de M. Ch. Gorceix pour corroborer cette théorie nous ont déjà donné des résultats intéressants (³) : toutefois l'appareil utilisé était limité en dimensions par les pressions considérables réalisées. D'autre part on pouvait objecter que, l'appareil étant fermé du côté correspondant au Sud sur la Terre, il n'y avait pas écoulement de matière comme dans l'hypothèse visée plus haut.

Le nouveau dispositif d'expérience figuré ci-joint en élévation et en plan a été étudié pour parer à ces objections. L'appareil est constitué par une boîte AAA'A' de grande dimension ($0^m,75 \times 0^m,30 \times 0^m,30$) dont les parois verticales D et C ne descendent pas jusqu'au fond E de manière à laisser passer une sangle sans fin rugueuse TT' de $0^m,12$ de largeur qui s'appuye sur ce fond. Une double poignée PP' qu'on peut déplacer le long de la sangle et qui la serre énergiquement permet de la tirer dans le sens

(¹) Séance du 1er juillet 1918.

(²) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 188.

(³) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 566.

des flèches qui correspond à la direction Nord-Sud sur la Terre. La sangle et les couches qui y adhèrent et peuvent en partie sortir de l'appareil par la fenêtre O représentent le magma visqueux en mouvement vers l'équateur. La paroi CC′, garnie ou non de bosses GG′ de formes variables, représente un massif d'ancienne consolidation formant butée et s'opposant partiellement au déplacement du magma. Tout l'appareil est fixé sur une table par la partie E′E′ du fond E.

Pour faire une expérience, on remplit la boîte AA′ de couches horizontales de matériaux différant par la couleur, la rigidité ou la viscosité (sable argileux, argile plastique, sable mélangé de fragments d'ardoise, glucose mélangé de sable). Les couches sont séparées par des papiers mouillés, buvards ou non, pourvus de repères équidistants pour permettre de mesurer l'avance relative des diverses couches. On charge la couche supérieure d'un nombre variable de masses pesantes H (briques, balles de plomb).

On tire alors la sangle TT′ d'une certaine longueur en alimentant le vide qui tend à se produire en V soit de sable, soit de masses H. La butée des couches contre C et G tend, malgré la sortie de matière en O, à les plisser, à les faire surgir et chevaucher selon des profils variant avec leur nature et leur hauteur, la répartition des pressions H, la longueur de sangle tirée, les formes de la butée G et de la fenêtre O, etc. L'expérience terminée, on enlève les masses H, la face B et les matériaux *m*, V de manière à dégager le dessus et les tranches des couches à examiner : les figures 1 et 2 représentent l'aspect des couches ainsi dégagées dans une expérience.

On peut alors les photographier, recueillir en décapant chaque couche les papiers qui gardent la forme des plis obtenus, enfin conserver tout un bloc de plis que l'on sort de l'appareil en glissant une feuille de zinc sur la sangle T.

On conçoit l'extrême variété de formes que permet de réaliser le déplacement horizontal de la sangle T en faisant varier tous les facteurs énumérés plus haut. Dans l'exemple figuré qui correspond à une réduction des couches en plan aux $\frac{2}{3}$ de leur longueur primitive, on voit des plis couchés en deux sens opposés et charriés; des couches sont laminées au point d'être en lacune, d'autres redressées suivant des plis aigus verticaux. En décapant successivement toutes les couches, on trouve, au moyen des repères, que certains déplacements relatifs de deux couches voisines atteignent $0^{m},10$; que le nombre des plis augmente avec la profondeur, et que la poussée arrière correspondant aux forces tangentielles dans la Nature détermine des plis en forme d'arcs convexes vers la direction aval du mouvement de la

sangle exactement comme les arcs des chaînes asiatiques sont convexes vers l'équateur.

Ces expériences et la théorie qu'elles cherchent à vérifier suggèrent une explication de la différence systématique d'architecture existant entre les chaînes tertiaires sud-asiatiques et celles du sud de l'Europe, les premières

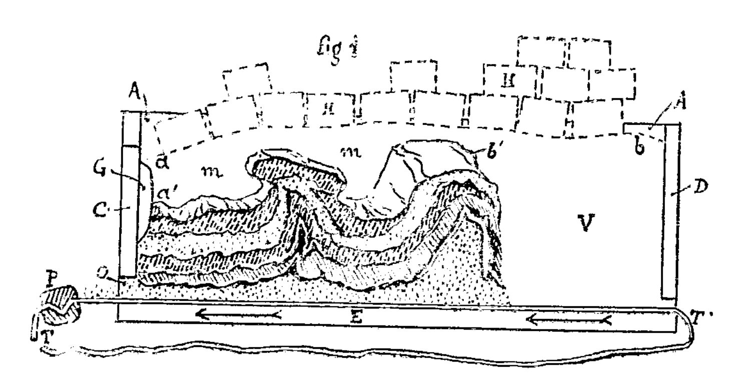


fig 1

déversées vers le Sud, de dessin plus simple avec leurs arcs convexes vers le Sud, les secondes déversées vers le Nord, Nord-Est en Nord-Ouest, avec leurs formes compliquées. Dans le cas du sud de l'Asie, le magma profond

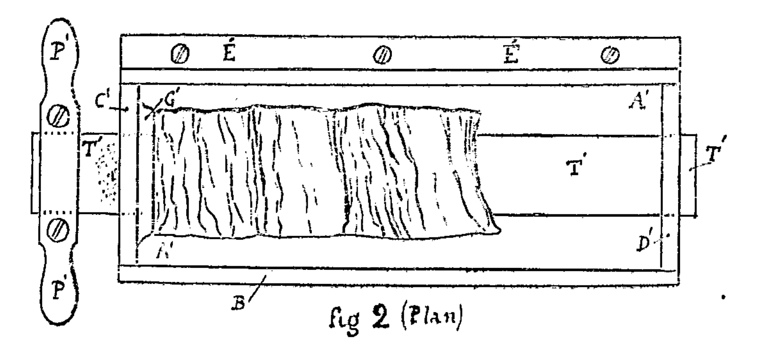


fig 2 (Plan)

descendant vers l'équateur ne rencontre comme obstacle que les racines de môles isolés déterminant à la surface les sommets de rebroussement des arcs montagneux, tandis que dans le cas de l'Europe, un continent entier, l'Afrique, avec ses assises primitives d'ancienne consolidation étalées de l'Est à l'Ouest, barre sur 45° de longitude le passage du magma igné. Celui-ci, empêché dans sa descente vers l'équateur, s'accumule en un lac souterrain soulevant la poche hypoméditerranéenne et les sédiments de ses

géosynclinaux. Cette poche soulevée se vide jusqu'au Sarmatien après avoir produit la transgression yprésienne en Algérie et Tunisie, la surrection des Apennins, le soulèvement des Pyrénées et en général le déversement de tous les plis vers l'extérieur de son périmètre, jusqu'à ce qu'au Plaisancien, le magma ayant trouvé un chemin d'écoulement vers le renflement équatorial, la Méditerranée rentre dans son lit brisant l'arc de Gibraltar et produisant l'effondrement de l'extrémité Est de l'Atlas.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension, en Andalousie, des nappes de recouvrement de la province de Cadix (Espagne méridionale).* Note (¹) de M. **Louis Gentil**, présentée par M. Émile Haug.

J'ai signalé l'existence, dans la province de Cadix, de grandes nappes de recouvrement qui ont cheminé vers l'extérieur de la chaîne Bétique. La plus inférieure est formée de Nummulitique; la deuxième comprend principalement du Jurassique, auquel le Crétacé inférieur peut être associé; enfin, une troisième nappe plus étendue enveloppe les deux précédentes, encapuchonnant leur front et s'insinuant dans les marnes de l'Helvétien : elle est constituée par le Trias lagunaire.

Je me propose de montrer, dans cette Note, que le régime de nappes que j'ai reconnu dans la province de Cadix s'étend à toute la partie occidentale de l'avant-pays de la cordillère Bétique, c'est-à-dire à la plus grande partie des provinces de Séville, de Cordoue, de Grenade et de Malaga.

On sait depuis la « Mission d'Andalousie » que le Trias de la zone Subbétique appartient au faciès germanique, tandis que, dans la cordillère, à l'est de la sierra Tejeda, il est représenté par des calcaires cristallins à *Megalodon* alternant avec des schistes satinés, souvent bariolés et gypsifères. On trouve ainsi, sur les deux flancs de la sierra Nevada, un faciès mixte formant passage au Trias alpin et qui rappelle celui des Baléares et de Barcelone (²).

La Carte de MM. Marcel Bertrand et Kilian indique, passant à Antequerra, une bande continue de Trias lagunaire qui n'a pas moins de 70^{km} d'étendue sur une largeur maximum de 8^{km} (³). Les superpositions anormales y constituent la règle ; je me bornerai à en citer quelques exemples.

(¹) Séance du 1er juillet 1918.

(²) *Mission d'Andalousie*, Paris, Imprimerie Nationale, 1889. (Voir Barrois et Offret, p. 81 et suiv., et Marcel Bertrand et Kilian, p. 394 et suiv.).

(³) *Loc. cit.*, pl. III.

Sur la bordure septentrionale de la bande triasique d'Antequerra émerge le piton saillant de la Peña de los Enamorados, qui est formé de calcaires liasiques et jurassiques très redressés et nettement déversés vers le nord-ouest. Or, le Trias, avec pointements d'ophites, chevauche son flanc sud-est, tandis qu'il repose, au nord-ouest, sur le Nummulitique.

Plus à l'est, l'affleurement jurassique lenticulaire d'Archidona est recouvert, au sud, par le Trias, alors qu'il repose au nord sur le Nummulitique, soit directement, soit avec interposition d'une lame triasique. Il en résulte que le Jurassique d'Archidona, et vraisemblablement aussi celui de la Peña, *représentent deux noyaux d'une nappe jurassique encapuchonnés par le Trias gypseux.*

Sur la bordure méridionale de la bande d'Antequerra surgit, au milieu du Trias salifère, un noyau jurassique, tandis que le piton de Hacho, qui domine la voie ferrée au nord de Loja, montre le même Trias pincé dans un repli synclinal du Jurassique.

Ces observations concordent pour démontrer que le Jurassique, associé ou non au Crétacé, forme une nappe de recouvrement enveloppée par une nappe de Trias lagunaire; que le Nummulitique forme une troisième nappe inférieure à la nappe jurassique-crétacée. Elles s'accordent parfaitement, d'ailleurs, avec celles de MM. Marcel Bertrand et Kilian : « La bande d'Antequerra... montre presque partout une stratification indépendante de celle des chaînes jurassiques qui la bordent au sud; ... deux failles à peu près continues... bordent la bande au sud et au nord (1). »

Au nord de la remarquable ligne tectonique tracée par la bande triasique d'Antequerra on voit s'étaler, vers le Guadalquivir, ces nappes de recouvrement. Et, si l'on se déplace de l'ouest vers l'est dans cette large vallée, il est facile de raccorder, en s'appuyant sur quelques observations, les nappes de charriage dont j'ai révélé l'existence dans la province de Cadix (2) avec celles mises en évidence par mon regretté ami Robert Douvillé, dans la province de Jaen (3).

J'ai dit que la sierra de Pajarete et probablement aussi la sierra del Pinar, étaient en recouvrement. Je ne doute pas que la sierra de Libar, qui forme une auréole à la serrania de Ronda, partage la même structure.

En avant du front de cette nappe jurassique, des paquets des mêmes terrains secondaires flottent sur la nappe triasique qui s'étale sur de vastes surfaces dans la sierra de Moron pour aller recouvrir les marnes helvétiennes, comme dans la province de

---

(1) *Loc. cit.*, p. 402.

(2) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 1003.

(3) *Esquisse géologique des Préalpes subbétiques* (Partie centrale). Thèse de doctorat, Paris, 1906.

Cadix. Plus à l'est, des lambeaux de Jurassique et de Crétacé sont aussi en recouvrement. C'est ainsi que l'on peut voir, près de Puente Genil, des mamelons de marnes helvétiennes couronnés par des calcaires secondaires avec ou sans interposition de Trias.

On s'achemine ainsi vers la région de Jaen, qui nous est connue par la Thèse de Robert Douvillé. La belle Carte en couleurs, au 200000e, qui accompagne ce travail, montre de grands lambeaux de Jurassique et de Crétacé reposant soit sur le Trias lagunaire, soit sur le Miocène. Je pense que le *Trias de la province de Jaen n'est pas enraciné*, pas plus que celui des régions plus occidentales; de fait, l'on n'a jamais signalé, dans la vallée du Guadalquivir, depuis Trafalgar jusqu'à Jaen, d'affleurements de Paléozoïque qui devraient se montrer si le Trias était en place. Quant aux recouvrements du Jurassique et du Crétacé, décrits par Robert Douvillé, ils représentent soit le front de la nappe calcaire, qui a progressé du sud vers le nord, soit des lambeaux de poussée ayant cheminé en avant du front de cette nappe. Enfin, de petits lambeaux éocènes, signalés par mon regretté confrère, marquent les vestiges de la nappe nummulitique.

Au delà de Jaen, René Nicklès, par des observations fort intéressantes effectuées dans la sierra Magina, la Sagra et la région de Callosa de Ensaria, a montré que les nappes de charriage, encore poussées de ce côté, du sud vers le nord, devaient se développer jusqu'à la Meseta Ibérique. Leur extension vers l'est atteindrait la côte méditerranéenne au Cabo de la Nào [1].

Ainsi l'avant-pays de la cordillère Bétique, depuis la Pointe d'Europe et le cap Trafalgar jusqu'à la côte valenciane, a été chevauché par des nappes de grande amplitude. Des études de détail montreront sans doute que ces nappes peuvent présenter des digitations en certains points. C'est ainsi que Robert Douvillé en a distingué deux dans la nappe calcaire de la province de Jaen. Il n'en demeurera pas moins acquis qu'une unité grandiose préside à l'architecture du vaste détroit par lequel se sont effectués, au cours de la période néogène, les échanges marins entre l'océan Atlantique et la mer Méditerranée : le détroit Nord-Bétique.

---

[1] RENÉ NICKLÈS, *Sur l'existence des phénomènes de charriage en Espagne dans la zone Subbétique* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, t. 4, 1904, p. 211-247; coupes, fig. 1, 2, 3).

ZOOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La disjonction des fonctions nerveuse et musculaire, à l'époque de l'automatisme latent chez les embryons de Sélaciens* (Scyllium canicula). Note [1] de **M. P. Wintrebert**, présentée par M. Y. Delage.

L'automatisme de l'appareil locomoteur embryonnaire, dont nous avons donné les principaux traits [2], présente une première phase où, seul à fonctionner, il est *apparent* et une deuxième où il se trouve à l'état *latent*, caché par la fonction nerveuse qui lui impose sa loi; cette seconde période s'étend du milieu du stade K jusqu'au stade O de Balfour. Nous avons montré que l'ablation des centres nerveux médullaires provoquait alors la réapparition du fonctionnement primitif, idio-musculaire.

Mais il est d'autres moyens de déterminer le retour de l'automatisme en séparant le muscle du système nerveux et ce sont ceux-ci que nous désirons mettre en évidence. L'un d'eux consiste dans l'emploi du curare, connu, depuis Claude Bernard, comme interrompant la liaison neuromusculaire, tout en laissant excitables le nerf et le muscle. Les autres représentent des conditions biologiques défavorables; c'est en agissant d'une façon plus rapidement nocive sur le système nerveux qu'elles l'éliminent des manifestations vitales; la survie de l'animal et le tableau animé qu'il continue de montrer tiennent alors uniquement à la persistance de deux automatismes musculaires, celui du cœur et celui des muscles du corps.

I. *La dissociation par le curare.* — On l'obtient d'une façon très nette à la fin du stade K.

Technique et observation. — L'embryon, qui possède 8^{mm} de longueur après sa fixation, a ses trois premières fentes ouvertes; ou fait pénétrer quelques gouttes d'une solution de curare à 1 pour 100 à la base du pédicule vitellin; il est impossible d'introduire la solution dans le corps de l'animal lui-même en raison de sa petitesse. Les manœuvres opératoires et peut-être la dose élevée du poison provoquent une immobilisation d'une heure, pendant laquelle le cœur continue à battre à raison de 30 pulsations par minute. Au bout de ce temps, les mouvements apparaissent d'abord à

(1) Séance du 24 juin 1918.

(2) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 369, et *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 81, 1918, p. 534 et 585.

droite puis à gauche; puis le mouvement automatique bilatéral s'organise définitivement sans arrêt, dure une demi-heure et n'est interrompu que par la fixation.

II. *La paralysie nerveuse par élévation de la température.* — Cette expérience rentre dans le cadre d'une étude générale de l'influence très considérable de la température sur les embryons des Sélaciens.

En milieu naturel la température normale est de 13° à 15° C.

Une variation brusque de 5°-6°, en n'importe quel sens, affole le mouvement.

Le froid, qui ralentit l'activité musculaire, est moins favorable à l'étude de la disjonction que la chaleur; mais il atteint aussi plus vite et plus profondément les centres nerveux que le muscle.

La chaleur est nocive à 23° environ.

a. Cette température arrête même le mouvement automatique, mais après le passage de l'embryon pendant quelques minutes dans un milieu plus frais, à 18° par exemple, le mouvement reprend avec vigueur. Déjà à 21°, 22°, on ne peut plus considérer les réactions comme normales; l'activité, très vive jusque-là, se ralentit.

b. Si l'embryon, au stade L, montre les phénomènes caractéristiques du mouvement nerveux (des arrêts, la coordination bilatérale, des répétitions ou reprises unilatérales, etc.), ces phénomènes disparaissent après le maintien prolongé quelques heures à une température élevée entre 22° et 23°; l'embryon, remis dans une eau plus fraîche, garde pendant 36 heures le mouvement automatique régulier, avant que ne se montrent les phénomènes antécédents d'ordre nerveux.

c. Les mécanismes nerveux bien établis des stades P et Q, chez lesquels l'automatisme musculaire a disparu, sont beaucoup plus touchés dans les mêmes circonstances. Tandis que le cœur continue à battre, le corps reste immobile; on obtient par piqûre des réflexes légers dès le second jour, mais le mouvement ondulatoire spontané ne reprend qu'au bout du quatrième jour.

d. Cependant il se produit une adaptation de l'embryon aux températures élevées quand elles sont acquises lentement. Un stade M a pu supporter 6 jours une température de 23° à 25° C., en perdant la fonction nerveuse, mais en conservant le mouvement idiomusculaire réapparu. La chaleur est ensuite montée pendant 1 jour à 30° C.; elle a fait cesser à la fois les battements du cœur et du corps; mais l'embryon, ranimé dans un milieu progressivement refroidi et bien aéré, a repris quelque vigueur après 2 jours de soins et est mort ensuite accidentellement.

III. *La reprise préagonique du mouvement automatique.* — Quand le cœur cesse de battre, en période d'automatisme latent, quelques heures après l'ouverture de la coque, le système nerveux ne tarde pas à être paralysé,

tandis que le mouvement automatique des myotomes continue ; les muscles du corps représentent ainsi souvent l'*ultimum moriens* de l'organisme.

Observations. — 1° Un embryon, au début de la liaison nerveuse, après avoir indiqué nettement par ses balancements égaux, interrompus par des périodes d'arrêt, l'influence nerveuse agissant sur le mouvement, présente, 1 heure et demie après l'ouverture de la coque, un affaiblissement précoce : le cœur bat à peine ; on voit réapparaître à ce moment le mouvement automatique primitif qui dure jusqu'à la mort.

2° Un embryon, arrivé à la fin du stade K (trois fentes branchiales ouvertes), montre, 6 heures après une ablation médullaire qui a porté sur les 23 premiers métamères post-auriculaires, la disparition du mouvement nerveux dans le segment postérieur à la région opérée ; et l'on voit ce segment se borner à propager l'onde musculaire, venue du segment démédullisé.

Conclusion. — L'ensemble de ces faits conduit aux résultats suivants :

1° On peut, en période d'automatisme latent, séparer le muscle de sa liaison nerveuse par le curare, par une élévation de la température, et l'on observe, dans la période préagonique, la réapparition isolée du mouvement automatique. La disjonction semble d'autant plus facile que la liaison neuromusculaire est moins ancienne.

2° Dans des conditions biologiques défavorables, le système nerveux se montre plus vulnérable que l'appareil musculaire. Il représente du reste un degré supérieur d'organisation, plus tardif et surajouté au développement d'organes entre lesquels il établit des rapports de coordination. L'automatisme musculaire, transitoire dans l'ontogenèse, naît plus tôt que la fonction nerveuse ; il apparaît davantage comme le fonctionnement *in situ* d'une propriété protoplasmique fondamentale : la contractilité.

ACOUSTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *La théorie des voyelles et ses applications à la rééducation auditive.* Note (1) de M. H. MARICHELLE, présentée par M. Edmond Perrier.

Les méthodes de rééducation applicables aux soldats frappés de surdité ou atteints d'un vice de prononciation fournissent des résultats plus ou moins satisfaisants suivant la valeur et la précision des données phonétiques qu'elles mettent en œuvre.

(1) Séance du 1er juillet 1918.

Malheureusement, les Ouvrages qui traitent de la parole présentent de telles divergences que, d'après des témoignages autorisés, il conviendrait de rejeter tout ce qui a été fait jusqu'ici dans ce domaine.

La présente Note a pour objet de montrer succinctement qu'il est possible aujourd'hui d'esquisser une théorie cohérente des voyelles.

DÉTERMINATION PHYSIOLOGIQUE DES VOYELLES. — *Voyelles i, è.* — Quand on souffle pour éteindre une bougie, par exemple, l'air s'échappe des lèvres par une étroite ouverture située dans l'axe médian de la cavité buccale. On obtient la voyelle *i* en produisant un semblable orifice entre la langue soulevée et la partie antérieure de la voûte palatine. Si cet orifice s'accroît, on a la voyelle *è* (dans *père*, *tel*, ...). Pour la série *i*, *è*, les lèvres offrent généralement l'aspect d'une fente horizontale.

Voyelles ou, o. — Un resserrement du même genre qui se forme dans la partie postérieure de la cavité buccale, entre la base de la langue et le palais membraneux, donne naissance aux voyelles *ou* et *o* (cette dernière plus ouverte que la précédente). Dans la série *ou*, *o*, les lèvres sont ordinairement projetées et arrondies.

Voyelles u, e. — Pour la voyelle *u*, l'orifice linguo-palatal se produit approximativement dans la même région que pour l'*i*. La différence entre ces deux voyelles est due le plus souvent et pour une large part à l'action des lèvres qui, pour l'*u*, s'avancent et s'arrondissent comme pour l'*ou*. La voyelle *e* (dans *peur*) est un *u* plus ouvert.

Voyelle a. — La voyelle *a* doit son timbre spécial à un resserrement qui se produit dans l'arrière-bouche entre la paroi du pharynx et la face postérieure de la langue.

De ces données résulte le Tableau suivant :

L'orifice buccal s'ouvre. ↓ / L'orifice buccal recule. →			
i	*u*	*ou*	
è	*e*	*o*	*a*

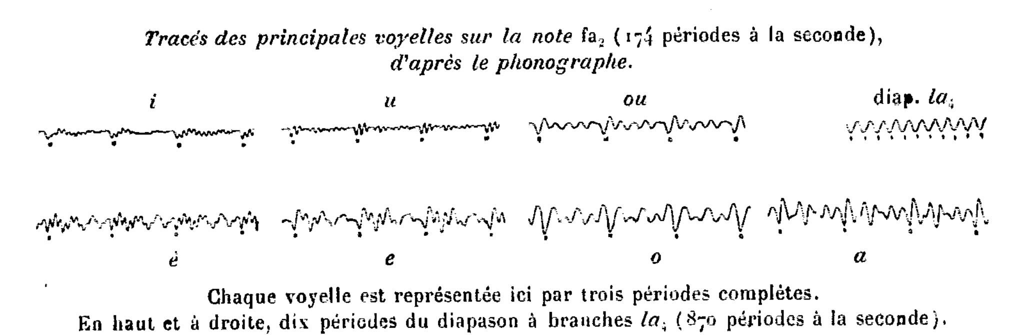
La définition physiologique des voyelles est ainsi fondée sur une notion très simple : celle d'un orifice analogue à celui du « soufflement », qui se

forme dans la bouche ou dans le pharynx et qui subit deux ordres de modifications ayant trait respectivement à son *degré d'ouverture* et à sa *localisation*.

Toutes les voyelles possibles, et, ainsi que nous le montrons ailleurs, toutes les consonnes et toutes les espèces d'associations qui s'opèrent entre ces éléments dans le mot et dans la phrase, peuvent s'expliquer très clairement par le jeu combiné de ces deux facteurs : *degré d'ouverture* et *localisation* des orifices buccaux.

Forme acoustique des voyelles. — On doit retrouver dans les graphiques des vibrations de la parole la trace des conditions physiologiques relatives à l'action des deux facteurs ci-dessus mentionnés. C'est ce que montrent nos tracés, recueillis au moyen du phonographe transcripteur Lioret.

Tracés des principales voyelles sur la note fa_2 (174 périodes à la seconde), *d'après le phonographe.*



Chaque voyelle est représentée ici par trois périodes complètes.
En haut et à droite, dix périodes du diapason à branches la_3 (870 périodes à la seconde).

Les variations d'*ouverture* y déterminent des différences d'*intensité* très apparentes : toutes choses égales d'ailleurs, les fermées (*i*, *u*, *ou*) sont toujours plus faibles que les ouvertes (*è*, *e*, *o*, *a*). Les sons de la parole, voyelles et consonnes, traversent dans la bouche comme une sorte de filière qui établit entre eux une gradation d'intensité très importante à considérer au double point de vue théorique et pratique; ce fait capital avait échappé à la théorie d'Helmholtz et aux divers systèmes qui en sont dérivés.

Les variations de la *localisation* influencent la *forme* de la période caractéristique. En examinant, d'une part, les voyelles *i*, *è*, *u*, *e*, qui se différencient *en avant* de la cavité buccale; d'autre part, les voyelles *ou*, *o* dont le timbre reçoit son empreinte particulière tout *au fond* de la bouche, on remarque aussitôt entre les formes périodiques du premier groupe et celles du second des différences très nettes. La période de la voyelle *i*, notamment, renferme toujours, sur une note déterminée, un plus grand nombre

d'impulsions élémentaires que celle de la voyelle *ou*. On voit aussi que les voyelles d'une même région, comme *i*, *é*, *u*, se reconnaissent à la vue par un certain « air de famille ».

En résumé, les conclusions d'Helmholtz concernant la théorie des voyelles comme celles de ses continuateurs, dont certaines sont encore appliquées à la rééducation de l'ouïe, semblent en désaccord avec les faits d'observation les plus incontestables et négligent, en outre, des caractères très importants tels que la gradation d'intensité mise en évidence par les nouveaux appareils enregistreurs.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de l'espèce animale sur la toxicité et le mode d'utilisation des protéines alimentaires*. Note [1] de M. E. **Maignon**, présentée par M. E. Leclainche.

Dans les deux Notes qui précèdent nous avons étudié la toxicité et le pouvoir nutritif des protéines alimentaires chez le rat blanc. Nous exposons ici les résultats d'expériences analogues entreprises sur le chien avec l'albumine d'œuf, la caséine et la poudre de viande, additionnées comme précédemment de sels minéraux et de bicarbonate de soude pour éviter la déminéralisation et l'acidose. Les recherches anatomo-pathologiques sont dues à la collaboration de M. Maurice Roquet.

Albumine d'œuf. — Cette substance est administrée, au moyen d'une sonde œsaphagienne, sous la forme de blancs d'œufs frais ou d'albumine d'œuf du commerce dissoute, puis coagulée ou non pour la chaleur. Dans aucun cas la fixité du poids n'est obtenue, les animaux maigrissent d'une façon régulière et meurent dans un état squelettique. La perte de poids est considérable, voisine de 50 pour 100

Caséine. — Un chien de 7 mois, $6^{kg},500$, nourri à discrétion avec des boulettes de caséine, mange spontanément une moyenne de 120^{g} par jour et maintient son poids pendant 43 jours, du 21 février au 5 avril 1914. A partir de ce moment, l'animal maigrit de 1300^{g} en 12 jours et meurt subitement le 18 avril. La perte de poids n'est que de 20 pour 100.

---

[1] Séance du 1er juillet 1918.

A l'autopsie, on trouve de la dégénérescence granulo-graisseuse du foie, des reins mous, friables, décolorés, où le microscope décèle une dégénérescence graisseuse intense des cellules épithéliales.

Un autre sujet de 3 ans, $6^{kg},900$, ingère une moyenne de 101^{g} de caséine par jour sans parvenir à la fixité du poids; il maigrit lentement et meurt au bout de 30 jours après avoir perdu 23 pour 100. La mort a lieu dans les mêmes circonstances et présente les mêmes caractères que précédemment. L'autopsie accuse toujours de la dégénérescence granulo-graisseuse du foie et de la désintégration graisseuse de l'épithélium rénal. Le cœur examiné avec soin se montre pâle, dilaté, à parois amincies. Au microscope, on découvre dans le myocarde de la péri-méso-artérite chronique des artérioles, avec épaississement très marqué du tissu conjonctif ambiant.

L'aorte ne présente aucune altération; l'encéphale, aucune trace d'hémorragie. Cette artério-sclérose cardiaque, d'origine toxique, explique la mort par syncope.

Sur les rats blancs alimentés à la caséïne, nous n'avons jamais rien constaté de semblable, ni mort subite, ni lésion du myocarde.

Enfin sur une troisième chienne, alimentée à la caséïne et sacrifiée au bout d'un mois, en juillet 1914, l'examen histologique des organes met en évidence, outre les lésions dégénératives habituelles, de l'hépatite aiguë, nettement caractérisée par une diapédèse périvasculaire portale et sus-hèpatique et une dégénérescence granulo-graisseuse des cellules.

Notons qu'à aucun moment nous n'avons observé chez le chien de surcharge graisseuse du foie, à la suite d'ingestion plus ou moins prolongée de caséïne.

Poudre de viande épuisée par l'eau, l'alcool et l'éther. — Nous avons obtenu sur un chien de 4 ans, soumis au préalable à l'inanition, la fixité du poids pendant toutes les périodes d'alimentation à la poudre de viande, donnée à raison de 100^{g} par jour, pour un poids vif de 7^{kg}.

L'administration d'albumine d'œuf à la même dose, sur le même animal, entraînait une perte de poids de 400^{g} en 6 jours. La poudre de viande, portée à 120^{g} pendant 15 jours, nous a permis d'enregistrer dans ce laps de temps une augmentation de poids de 800^{g}.

Cet animal, ainsi alimenté pendant uue durée globale de 53 jours, a conservé durant cette période tous les signes apparents de la santé, mais néanmoins des lésoins graves ont dû en résulter, car il n'a pas tardé à succomber, alors qu'il avait été remis au régime de la soupe.

Comparaison des résultats obtenus sur le rat blanc et le chien. — *Albumine d'œuf.* — La fixité du poids n'est jamais réalisée, même pour de courtes périodes, chez le chien ni chez le rat.

Caséine. — En ce qui concerne la caséine, le rat blanc et le chien se comportent d'une façon toute différente. La fixité du poids, difficilement obtenue chez le rat, et seulement pour de courtes périodes, est très facilement réalisée chez le chien pour des périodes d'un mois et au delà.

Chez le rat, la mort est la conséquence de l'épuisement des réserves beaucoup plus que de l'intoxication. Chez le chien, c'est l'inverse qui a lieu, la mort est nettement due à une action toxique; elle survient brusquement, alors que l'épuisement des réserves est encore très incomplet (perte de poids de 20 à 23 pour 100). L'autopsie révèle en outre de graves lésions d'origine toxique.

Chez le rat, rien de pareil : les lésions dues à l'intoxication sont peu importantes et l'animal meurt lentement, dans le marasme. La surcharge graisseuse du foie, si accusée chez le rat alimenté à la caséine, fait complètement défaut chez le chien. Ce dernier animal ne jouit donc pas, comme le précédent, de la faculté de transformer aussi facilement la caséine en graisse. Il est intéressant de noter que l'action toxique de cette substance s'en trouve accrue.

Poudre de viande. — La fixité du poids, qu'il est impossible d'obtenir chez le rat avec cette substance, est facilement réalisée chez le chien.

Conclusions. — 1° Le chien, naturellement carnivore, s'accommode beaucoup mieux que le rat blanc, carnivore et souvent végétarien, d'une alimentation purement protéique; il arrive bien plus facilement que ce dernier à maintenir la fixité de son poids avec la caséine et la poudre de viande. Néanmoins, ce résultat ne peut être obtenu avec l'albumine d'œuf : sous l'influence de ce dernier régime le chien maigrit d'une façon très régulière, jusqu'à l'état squelettique, et cela malgré de fortes doses d'albumine.

2° Le pouvoir nutritif d'un aliment, apprécié d'après la facilité avec laquelle la fixité du poids est obtenue, n'est pas nécessairement lié au défaut de toxicité. La caséine, qui est beaucoup plus toxique pour le chien que pour le rat, permet d'obtenir bien plus facilement la fixité du poids chez le premier animal que chez le second.

3° La toxicité d'une même protéine varie d'une espèce animale à l'autre;

ses variations semblent être en rapport avec la faculté que possèdent les espèces envisagées d'effectuer plus ou moins facilement la transformation de ladite protéine en graisse.

La caséine, que le chien transforme plus difficilement en graisse que le rat blanc, comme en témoigne l'absence de surcharge graisseuse hépatique, est beaucoup plus toxique pour lui que pour ce dernier animal.

Ces faits constituent une nouvelle preuve du rôle que les graisses paraissent jouer dans l'utilisation des matières azotées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Importance de la fonction cétonique dans le métabolisme. Sa création par les symbiotes.* Note de MM. **Paul Portier** et **Henri Bierry**, présentée par M. Ch. Richet.

Dans cette nouvelle Note, nous envisageons le rôle de la fonction cétonique dans les phénomènes de dégradation puis dans ceux de synthèse et nous nous attachons à mettre en évidence l'action des symbiotes dans le métabolisme des hydrates de carbone.

1° *Phénomènes de dégradation.* — Le mécanisme intime des transformations dans l'organisme des graisses, hydrates de carbone et protéiques, est encore mal connu. Cependant des très nombreux travaux parus sur cette question, il se dégage cette notion que l'oxydation n'est pas directe, mais qu'elle se fait *par étapes*. Il apparaît qu'une de ces étapes les plus constantes est caractérisée par la création d'une fonction cétonique.

C'est ainsi que les acides gras de faible poids moléculaire comme l'acide butyrique ou oxybutyrique donnent l'acide β-cétonique correspondant.

L'acide phénylpropionique $C^6H^5-CH^2-CH^2-COOH$ donne l'acide benzoylacétique $C^6H^5-CO-CH^2-COOH$.

De même la désamination des acides aminés donne des acides gras qui se transforment d'après le même mécanisme.

Il semble bien aussi que, au cours de leur désintégration, les hydrates de carbone passent par des produits intermédiaires qui renferment une fonction cétoniqne. L'acide pyruvique $CH^3-CO-COOH$ représenterait un de ces stades (Knoop, Neuberg).

La fonction cétonique apparaît ainsi comme conférant une certaine labilité à la molécule qui devient plus sensible à certains agents physiques et chimiques.

C'est ainsi que les rayons ultraviolets sont capables, à la température ordinaire, de décomposer le lévulose, sucre cétonique, pour dégager de l'oxyde de carbone et de l'aldéhyde formique (Bierry, Henry et Ranc), tandis que le glucose, sucre aldéhydique, est à peine touché dans ces conditions.

C'est ainsi encore que les cétoses à concentration égale, réduisent la liqueur de Fehling à une température bien inférieure à celle qu'exigent les aldoses. Nous montrons dans ce qui suit l'importance de la fonction cétonique dans le métabolisme.

Il résulte en effet de nos recherches que les symbiotes sont des agents puissants de cétonisation.

Dans un travail précédent, nous avons montré qu'ils pouvaient donner de la dioxyacétone aux dépens de la glycérine et de l'acide acétylacétique et de l'acétone aux dépens de l'acide butyrique.

Les symbiotes des mammifères et des oiseaux sont d'autre part capables d'opérer les transformations suivantes :

Les pentoses [1] (arabinose, xylose), les hexoses (glucose, lévulose, galactose, sorbose), les bioses (saccharose, etc.), certains polyalcools (glycérine, mannite) sont, en milieu convenable, attaqués par les symbiotes et livrent, entre autres produits, de l'acétyl-méthyl-carbinol

$$CH^3 - CO - CH.OH - CH^3 \text{ (}^2\text{)}.$$

Nous avons caractérisé ce corps comme suit dans le distillat du liquide de culture : réaction de Legal, production d'iodoforme, formation d'une osazone fondant à + 242°-244°, capable de donner une osotétrazone en aiguilles rouges fondant à 151°. Cette osotétrazone, traitée par un excès de phénylhydrazine, régénère l'osazone primitive (von Pechmann).

D'autre part, notre produit se distingue du biacétyle par l'existence d'un pouvoir rotatoire gauche, par son pouvoir de réduire à froid la liqueur de Fehling et par sa résistance aux alcalis à chaud.

Comme nous l'avons déjà fait remarquer, l'action biochimique des symbiotes est fonction de la composition chimique du milieu de culture. C'est

---

(1) Mlle Germaine Alexandre a bien voulu nous offrir une aide efficace pour cette partie de notre travail.

(2) Dans certains milieux de culture des symbiotes on trouve aussi du 2.3-butylène-glycol qui paraît être un stade précurseur de l'acétyl-méthyl-carbinol. C'est un point sur lequel nous reviendrons.

ainsi que la glycérine, suivant le milieu de culture, donne ou non de la dioxyacétone; celle-ci à son tour donne de l'acétyl-méthyl-carbinol [1].

Dans une remarquable série de recherches, M. Gabriel Bertrand [2] a montré que la bactérie du sorbose était capable de transformer certains polyalcools et sucres de constitution chimique parfaitement déterminée pour donner les cétoses correspondantes (*d*-érythrulose, sorbose, lévulose, dioxyacétone, etc.). Or, nous croyons avoir des raisons de considérer cette bactérie comme un véritable symbiote d'insectes. Il est remarquable de constater qu'elle est aussi un énergique créateur de fonction cétonique.

2° *Phénomènes de synthèse.* — Lorsque les conditions du milieu sont favorables, les symbiotes sont capables d'opérer des synthèses.

C'est ainsi que dans un milieu contenant entre autres éléments de l'azote nitrique et du saccharose, à une concentration suffisante, les symbiotes donnent naissance à un polysaccharide. Celui-ci, précipité par l'alcool, puis hydrolysé en milieu acide, donne un hexose que nous n'avons encore caractérisé que par son osazone (glucosazone).

Il est remarquable qu'avec le glucose la production du polysaccharide est très minime. Il y a tout lieu de croire que la molécule de lévulose joue un rôle prépondérant dans la formation de ce polysaccharide.

Un autre fait très frappant est celui-ci : la production du polysaccharide s'accompagne toujours de la création, par les symbiotes, d'une alcalinité pouvant aller jusqu'à $\frac{N}{10}$, qui, par conséquent, est très voisine de celle du suc pancréatique.

Un rapprochement s'impose entre les transformations biochimiques mises en évidence et certains faits physiologiques ou pathologiques; le diabétique ou l'animal dépancréaté sont incapables de fixer le glucose pour édifier le glycogène; le lévulose au contraire est utilisé dans ces cas pour la synthèse du glycogène.

D'autre part, le travail de synthèse du foie semble exiger une réaction alcaline. Il y a dans ces faits l'amorce de nouvelles recherches.

---

(1) Nous pensons que la dioxyacétone formée dans un premier stade se polymérise pour donner un hexose qui, à son tour, se dégrade.

(2) *Étude biochimique de la bactérie du sorbose* (Thèse de la Faculté des Sciences, Paris, 1904).

CHIRURGIE. — *Sur la réduction mécanique des fractures.* Note [1] de M. **Heitz-Boyer**, présentée par M. Painlevé.

Dans une Note précédente [2], j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie un dispositif type permettant une réduction mécanique des fractures. Pour que ce dispositif soit applicable à toutes les variétés de fractures, deux modifications doivent y être apportées.

1° La première consiste en ce que les deux branches latérales CA et BD du *guide réducteur* CABD (*fig.* 1) peuvent tourner perpendiculairement autour de la partie AB, leur formant axe : de la sorte, les deux branches latérales du réducteur ne seront plus nécessairement parallèles entre elles comme elles l'étaient dans le dispositif rectangulaire primitif rigide, mais elles resteront toujours dans deux *plans parallèles fixes*, à savoir perpendiculaires à l'axe AB « barre d'appui ».

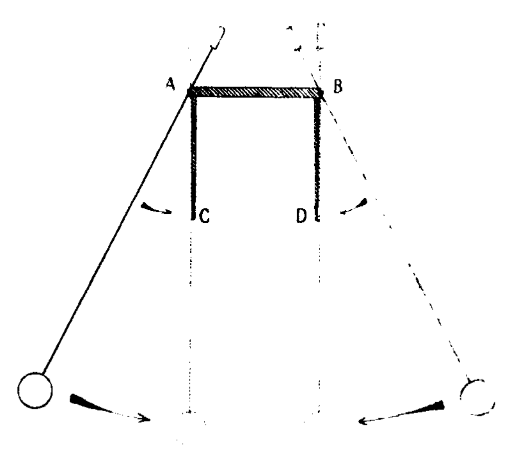


Fig. 1.

Cette modification a été imposée par l'expérience, qui a montré l'impossibilité, dans la réduction de la plupart des fractures, de ramener *directement* les deux fragments au parallélisme bout à bout : la manœuvre n'est réalisable le plus sou-

(1) Séance du 18 mars 1918.
(2) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 619.

vent qu'en la décomposant en deux temps successifs. Dans un *premier* temps, on se contente de rendre parallèles entre eux les fragments fracturés, l'un des deux glissant nécessairement au cours de la manœuvre par-dessus l'autre; ce premier résultat est obtenu par le pivotement de chacun des daviers-leviers dans un plan parallèle à celui du grand axe longitudinal des fragments, c'est-à-dire dans un plan passant par l'axe AB. Ce n'est que dans un *second* temps, et après que tout chevauchement des fragments a été supprimé, que les daviers pourront amener les fragments parallèles dans un même axe, c'est-à-dire au bout à bout : la réduction est alors complétée grâce au second mouvement de pivotement des deux daviers autour de l'axe interposé AB, qui se fait cette fois dans un plan perpendiculaire à cet axe.

2° La seconde modification apportée au dispositif type décrit est motivée par la forme des os longs, qui est le plus souvent *tronconique* et affecte exceptionnellement celle d'un cylindre régulier (*fig.* 2).

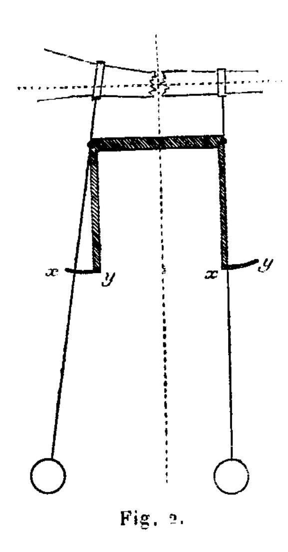


Fig. 2.

Dès lors, la construction rectangulaire constituée par les fragments et les daviers, décrite plus haut, n'est plus adaptée à la majorité des cas. Chaque davier, s'orientant d'après la face de l'os sur laquelle s'applique le mors extérieur, ne se trouvera plus perpendiculaire à l'axe longitudinal de chaque fragment, et, les fragments une fois réduits, les deux daviers ne pourront être parallèles entre eux, mais seront *divergents :* l'ensemble des daviers, des fragments et de la tige transversale du réducteur forment alors un trapèze (voir *fig.* 2). Un petit *secteur extérieur xy*, ajouté à l'extré-

mité libre de chaque branche latérale du réducteur, permettra de fixer les deux daviers en les maintenant dans l'inclinaison nécessaire par rapport au parallélisme rigoureux du guide réducteur.

Ces modifications apportées au dispositif théorique permettent d'appliquer cette technique mécanique à la réduction de toutes les fractures.

Observations de M. **Quénu** *au sujet de la Communication précédente.*

Certaines fractures sont justiciables du traitement à ciel ouvert, qu'elles soient récentes et surtout anciennes et non consolidées. Les chirurgiens connaissent les difficultés de la réduction en pareils cas, surtout quand il s'agit de certaines fractures du tibia et surtout du fémur avec grand chevauchement. Il faut déployer une grande force et maintenir, fixer la réduction au moment de l'application soit des plaques d'ostéo-synthèse, soit de la ligature osseuse. L'appareil de Heitz-Boyer donne au chirurgien une force de réduction de plus de 100^{kg}; il assure une coaptation parfaite et la fixe; il nous paraît apporter un grand perfectionnement au traitement de certaines fractures.

M. **Paul Bévenot** adresse [1] une Note intitulée : *Conclusions d'études sur la constitution et les propriétés spéciales des solutions aqueuses d'aldéhyde formique.*

A 16 heures l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 16 heures et quart.

A. Lx.

---

[1] Note reçue en la séance du 10 juin 1918.

ERRATA.

(Séance du 1er juillet 1918.)

Note de M. *Maurice Hamy*, Sur la détermination des vitesses radiales avec le prisme objectif :

Page 11, formule (3), dans le second membre de l'égalité, *au lieu de*

$$\frac{1}{(\sin\varphi_1 + \cos A \sin i_1)\cos\varphi_1},$$

lire

$$\frac{1}{(\sin i_2 + \cos A \sin\varphi_2)\cos i_2}.$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 16 JUILLET 1918.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** fait part à l'Académie de la mort subite de M. *Gauthier-Villars* et rappelle les services éminents rendus à la science par la maison dont il était le chef. Il a continué dignement les traditions familiales, en éditant nos diverses publications avec un soin apprécié de tous. Sa fin prématurée excitera les regrets unanimes des membres de l'Académie.

ASTRONOMIE. — *L'observatoire de l'hôtel* (1) *de Taranne : travaux et coordonnées.* Note (2) de M. G. **Bigourdan**.

Cet observatoire fut fondé par Louville (3) qui, d'après les registres autographes de ses observations (4), l'occupa de la fin de 1710 au 15 avril 1716,

---

(1) Cet hôtel, situé dans la rue de même nom, se trouvait à 150m environ à l'ouest de l'abbaye de St-Germain-des-Prés. Il est figuré sur divers plans de Paris. Pour son origine, voy. *A. Burty* et *L.-M. Tisserand*, Topographie historique du Vieux Paris, *Région du Faubourg Saint-Germain*, Paris 1882.

(2) Séance du 8 juillet 1918.

(3) *Jacques-Eugène* d'Allonville, chevalier de Louville, naquit à Allonville (pays chartrain) le 14 juillet 1671 et mourut à Carré, près d'Orléans, le 10 septembre 1732. Étant cadet de famille, il n'avait d'autre choix que la tonsure ou l'épée : il entra d'abord dans la marine et se trouva, en 1690, à la bataille de La Hougue. Versé ensuite dans l'infanterie, en 1700 il accompagna en Espagne son frère aîné, attaché au duc d'Anjou, et en 1704 il détermina la latitude de Madrid avec un gnomon. — Revenu en France, il fut fait prisonnier à Oudenarde (1708) et interné deux ans en Hollande.

Nature indépendante, il renonce aux avantages que lui offrent le grade de colonel et une bonne pension, pour se livrer aux observations astronomiques, est admis à l'Académie des Sciences comme associé astronome (1714 mars 10), puis devient pensionnaire le 5 juillet 1719.

(4) Ils sont à l'Observatoire de Paris sous les cotes C. 2, 10, 11, 12, 13. Le premier

et y travailla activement. Toutefois ce n'est pas le nombre de ses observations qui en constitue le principal intérêt, mais bien plutôt l'esprit de haute précision qu'il y apportait, et qui l'a fait considérer comme se rattachant directement à l'école de Picard. Il avait une connaissance approfondie des instruments et il exerça une véritable influence sur certains de ses contemporains, comme J.-N. Delisle et sur divers astronomes de la génération suivante, comme Godin et P.-Ch. Le Monnier, qui tous s'étaient proposé de publier ses observations (¹); cependant elles sont restées inédites.

L'Observatoire. — Louville ne donne aucun détail sur la disposition et l'installation de son observatoire, non plus que sur ses dimensions; mais il résulte de ses registres qu'il habitait un des appartements de l'hôtel et qu'il observait peut-être parfois dans cet appartement, mais principalement dans un donjon placé à la partie supérieure et d'où l'on jouissait d'un horizon dégagé.

Delisle, qui un peu plus tard s'y trouva dans les mêmes conditions, donne quelques indications accidentelles sur le donjon : il parle d'une lucarne ou œil-de-bœuf opposé à la porte, et d'où l'on voyait les clochers de Saint-Germain-des-Prés, alors au nombre de trois, — des fenêtres Nord et Est par lesquelles on voyait les mêmes clochers. C'est probablement dans ce donjon que l'on observait les hauteurs correspondantes; toutefois la face sud de l'hôtel, qui donnait sur la rue, pouvait se prêter à ces observations, pour lesquelles les astronomes du temps se contentaient au besoin d'un balcon solide. On y installait aussi l'horloge, quand elle n'était pas dans l'appartement, et Delisle y put placer une méridienne filaire, avec gnomon de 9 pieds 8 pouces et demi de hauteur; toutefois, manquant de recul, il fut obligé de le baisser à partir de la fin de novembre. Quand on employait

---

contient aussi des observations faites à Louville du 25 août au 14 novembre 1712 (p. 40-52). En outre des observations, tous ces registres contiennent des notes diverses d'astronomie théorique, d'optique, etc. Ils furent quelque temps entre les mains de Godin et emportés en Espagne, car sur le verso de la couverture des deux premiers on lit respectivement, de la main de Lalande : *De M. de Louville. Acheté à Cadix après la mort de M. Godin. — De M. de Louville, acheté à Cadix en* 1772. On peut voir aussi : Lalande, *Bibl. astr.*, p. 374 et le manuscrit D. 1, 22.

(¹) Delisle en avait fait faire une copie (D. 1, 22) et Godin en avait au moins fait commencer une autre, dont quelques feuillets sont dans C. 2, 13. Enfin Le Monnier se proposait de les insérer dans son *Hist. Cél.*, comme on voit dans le *Projet* qui est en tête.

de longues lunettes, de 20 pieds par exemple, elles se trouvaient en partie au dehors, à cause du peu de hauteur des fenêtres, et le vent les agitait.

Instruments. — Le principal était un *quart de cercle* de Chapotot, de 3 pieds de rayon; Louville en avait aussi un autre du même constructeur, mais seulement de 20 pouces. Comme garde-temps il avait deux *pendules* à seconde, dont une à cycloïde, dont il suivait minutieusement la marche; et pour cela, dit Delisle, il observait des hauteurs correspondantes du Soleil presque tous les jours de beau temps. Il contrôlait aussi cette marche au moyen d'une lunette murale. Pour comparer ces pendules il possédait une *montre à seconde*, des meilleures de l'époque, et qui cependant pouvait varier de 10 secondes, quand on l'utilisait, aller et retour, à porter l'heure chez Delisle, à l'Observatoire du Luxembourg. Enfin, il avait une *lunette* de 23 pieds de foyer, avec micromètre, qu'il employait surtout à la mesure des diamètres du Soleil et de la Lune.

Observations. — Sans négliger complètement les observations ordinaires (*Ecl.* sat. ♃, *taches* du ☉) ou accidentelles (*Ecl.* ☉, ☾, *occult.*) (1), Louville s'attachait surtout aux observations de position et particulièrement à celles qui pouvaient perfectionner la théorie du Soleil, dont il s'occupait spécialement [*Mém. Acad.*, 1720, H. 80 et M. 35. Voir aussi Del. (2), VI, 315], comme les équinoxes et les solstices. Il apporta aussi un soin spécial à la détermination de sa latitude, sans arriver d'ailleurs à obtenir dans les résultats une concordance répondant à la variété des méthodes et à la précision des observations, parce qu'on ne connaissait encore ni l'aberration, ni la nutation. Mais son esprit de précision le conduisit à une idée ingénieuse qui reste inséparable de son nom et le sauvera de l'oubli : c'est l'*application du micromètre filaire au quart de cercle.*

---

(1) Voici les observations accidentelles de la période considérée qui ont été publiées par Louville dans *Mém. Acad.* : *Ecl.* ☉, 1715 mai 3 (89); — *Occult.* ♀, 1715 juin 28 (135), et *Occult.* ♃, 1715 juillet 25 (135).

(2) Comme nous aurons souvent à citer les 6 volumes in-4° de l'Histoire de l'Astronomie de Delambre (*H. de l'A. moderne*, 2 vol. 1817; — *H. de l'A. du Moyen Age*, 1 vol. 1819; — *H. de l'A. moderne*, 2 vol. 1821; — *H. de l'A. du Dix-huitième siècle*, 1 vol. 1827), nous les désignerons par l'abréviation Del. suivie d'un des numéros I, II, ..., VI correspondant respectivement à ces 6 volumes dans l'ordre ci-dessus. Le nombre qui suit est celui de la page dans le volume.

Les instruments employés dans la mesure des angles comportent deux sortes d'organes bien distincts, qui concourent au même résultat et qui doivent évidemment donner une précision de même ordre : c'est d'un côté l'organe de visée (pinnules, lunettes) et de l'autre l'arc divisé, dont les ultimes fractions doivent être évaluées avec toute l'exactitude possible.

C'est ainsi que les Arabes, et même Tycho dans le commencement de sa carrière, furent amenés à augmenter considérablement le rayon de leurs arcs divisés, pour que la précision des lectures fût en rapport avec celle de la visée.

Ensuite, l'emploi des transversales, l'artifice de Nonius, enfin celui de Vernier, permirent de revenir aux instruments de moyenne grandeur, tant que la visée se fit au moyen de simples pinnules; mais quand celles-ci furent remplacées par des lunettes, il fallut revenir aux arcs de grand rayon, comme les secteurs employés en Géodésie, jusqu'à ce que l'invention du principe de la répétition, l'emploi des microscopes, etc. permirent d'évaluer plus exactement les arcs divisés.

L'invention de Louville se place, parmi ces alternatives, dans la période qui suivit la substitution des lunettes aux pinnules, et il l'expose dans son Mémoire qui a pour titre : APPLICATION DU MICROMÈTRE A LA LUNETTE DU QUART DE CERCLE ASTRONOMIQUE, *ce qui donne le moyen d'y faire une division d'une nouvelle espèce, beaucoup plus précise et plus facile que la division ordinaire* (*Mém. Acad.*, 1714, p. 65-77).

Son idée essentielle est de toujours faire correspondre la ligne de foi de l'alidade exactement à une division du quart de cercle, et de mesurer *avec le micromètre filaire* la distance de l'astre à la ligne de foi. Quant à *la nouvelle division*, elle consiste en de simples *points*, qu'il n'est même pas indispensable de placer sur un même arc de circonférence, et qui remplacent les droites obliques et les arcs concentriques exigés par les transversales. On détermine soigneusement les erreurs de la division que forment les points.

Les *Mémoires* de l'Académie n'indiquent pas la date de communication de cette idée; mais les registres de Louville montrent qu'il l'appliqua dès les observations du solstice d'hiver 1713 ; c'est donc sans doute à l'observatoire de l'hôtel de Taranne que germa et mûrit cette idée féconde. Le micromètre qu'emploie Louville est de Le Fèvre, mais c'est lui-même qui avait probablement fait cette division par points, car il trouve chose *essentielle à un astronome* de savoir diviser ses instruments.

Dans le même Mémoire, il mentionne ses recherches sur le perfectionne-

ment des pendules astronomiques, qui, en effet, présentaient encore de grandes inégalités de marche et compliquaient beaucoup le travail des astronomes; mais au point de vue pratique il ne semble avoir rien publié à ce sujet, sur lequel on trouve divers détails dans ses registres. Au point de vue théorique il démontra quelques théorèmes sur les oscillations d'un pendule, tant dans des arcs de cercle que dans des arcs de cycloïde (*Mém. Acad.*, 1722, H. 82, M. 128).

Une autre idée juste de Louville fut celle de la *variation* de l'obliquité de l'écliptique (*Mém. Acad.*, 1714, H. 68; 1716, H. 48), mais elle fut repoussée par ses contemporains (*Ibid.*, 1716, p. 295); puis, quand elle fut bien établie, on trouva des antériorités, de sorte qu'en cela Louville a été doublement méconnu. Il évaluait la variation à 60″ par siècle, valeur assez exacte; et pour appuyer son sentiment il entreprit dans le midi de la France, en 1714-1715, un voyage (¹) au cours duquel il refit à Marseille la célèbre observation de Pythéas. Il ne put obtenir l'impression de son travail dans les *Mémoires* de l'Académie et il dut s'adresser aux *Acta Eruditorum* (année 1719, p. 281), qui d'ailleurs tronquèrent aussi son Mémoire (²).

Coordonnées. — Pour fixer la position de son observatoire, Louville rapporta son donjon à divers points de Paris et au milieu de la face méridionale de l'Observatoire royal; ses distances, tirées de son registre C.2, 11, p. 154-155, et exprimées en pieds, sont résumées dans le Tableau suivant; la distance de deux points quelconques est à la rencontre de la verticale et de l'horizontale correspondantes :

	Donjon.	Observatoire.	Notre-Dame.
	pieds	pieds	pieds
Observatoire royal	6137	»	6438
Notre-Dame	3845	6438	»
Pilier de Montmartre	11658	17660	12204

Il semble que ces nombres en tout ou partie furent obtenus *par angles*,

(¹) En 1715 il fit à Londres un voyage pour observer l'éclipse totale de Soleil du 3 mai. Vers la fin de la totalité il remarqua « un Cercle rouge très vif dont le limbe de la Lune était bordé » : c'est une des plus anciennes mentions des protubérances et de la chromosphère solaires; mais il en attribue la cause, comme celle de la couronne, à l'atmosphère de la Lune.

(²) Le commencement du Mémoire entier, paraphé à l'Académie, se trouve en deux cahiers détachés dans C. 2, 12. La correspondance échangée entre Louville et Delisle fournit des détails piquants sur cette injustice et sur les travers du Comité qui réglementait les insertions dans les *Mémoires* de l'Académie.

c'est-à-dire par une triangulation, sur laquelle Louville ne donne pas de détail. Il ajoute que *l'angle que la méridienne de l'hôtel de Taranne fait avec l'Observatoire vers le midy est de* $9^\circ 40' 32''$, et calcule $\Delta\mathcal{L}$ et $\Delta\varphi$ en adoptant respectivement 37560^{T} et 57060^{T} pour les degrés de longitude et de latitude sous le parallèle de Paris.

Nous mettons ici en présence les résultats de Louville avec ceux que j'ai obtenus avec les éléments que j'ai adoptés jusqu'ici et avec l'angle $9^\circ 40' 32''$:

	de Louville.	Calcul actuel.
Distance......	$6137^{\mathrm{pi}} = 1022^{\mathrm{T}}\ 5^{\mathrm{pi}}$	$6137^{\mathrm{pi}} = 1993^{\mathrm{m}},54$
$\Delta\mathcal{L}$..........	1041^{pi} ou $0' 16'' = 1^{\mathrm{s}},07$	$1031^{\mathrm{pi}},4$ ou $0' 16'',43 = 1^{\mathrm{s}},096$
$\Delta\varphi$..........	6048^{pi} ou $1' 4''$	$6049,7$ ou $1' 3'',62$

On peut donc adopter :

$$\Delta\mathcal{L} = 0' 16'',43 = 0^{\mathrm{m}} 1^{\mathrm{s}},096; \qquad \Delta\varphi = +1' 3'',62; \qquad \varphi = +48^\circ 51' 14'',62.$$

D'après ces nombres l'observatoire se trouvait sur le côté nord de l'ancienne rue de Taranne, le seul qui ait disparu lors du percement du boulevard Saint-Germain, et qui est remplacé aujourd'hui par un terre-plein; l'observatoire était à peu près en face la séparation des n[os] 157 et 159 actuels.

Louville quitta l'hôtel de Taranne le 15 avril 1716, pour s'installer en un point voisin, sur lequel il ne donne aucun détail, si ce n'est qu'il est à $4''$ plus au Sud; et là il poursuivit le même genre d'observations jusqu'au 7 juillet 1717.

Diverses circonstances, et la difficulté de trouver une maison propre aux observations, le décidèrent à quitter Paris, pour se fixer d'abord à Orléans.

Après une candidature malheureuse à une place de membre honoraire à l'Académie des Sciences, il fut tenté de refuser celle d'astronome pensionnaire, car il écrivait d'Orléans à Delisle, le 2 mai 1718 :

Les conditions auxquelles les pensions sont attachées sont si dures qu'elles ne me sçauroient convenir... ayant l'air de gages que l'on donne à qui les gaigne tant tenu tant payé.... D'ailleurs je ne m'accomoderois nullement de la demeure de l'Observatoire d'où il faut aller deux fois la semaine à l'Académie, courvée fâcheuse pour ceux qui n'ont pas d'équipage; et les autres maisons de Paris, comme vous sçavez, ne sont point du tout faittes pour observer.... Je vais incessamment aller m'establir à ma maison de compagne qui n'est qu'à un bon quart de lieue d'icy....

Et en effet, il s'installa définitivement à Carré, où il créa un observatoire suivant ses goûts, et où il mourut le 10 septembre 1732.

GÉOLOGIE. — *Roches éruptives interstratifiées dans le terrain houiller de Littry (Calvados) : ampleur, variété et durée des manifestations volcaniques dans la région de Littry pendant le Stéphanien.* Note de M. **Pierre Termier.**

Le bassin houiller de Littry, où l'exploitation de la houille, commencée en 1741, s'est poursuivie jusqu'en 1880, vient d'être l'objet d'une nouvelle tentative d'exploration. L'Administration des Mines y a exécuté deux sondages, sous le contrôle scientifique de M. Bigot, doyen de la Faculté des Sciences de Caen : l'un à Saint-Martin-de-Blagny, d'août à septembre 1917; l'autre à la Poterie, commune de Saonnet, de novembre 1917 à février 1918. Ces sondages n'ont pas trouvé de houille; mais ils nous ont donné, sur la constitution du terrain houiller, et sur la nature des éruptions volcaniques qui s'y mêlent au sédiment, des renseignements d'un très haut intérêt. C'est à l'exposé succinct des principales observations faites au cours des deux recherches, et à l'énoncé des conclusions géologiques qui s'en dégagent, que tend la présente Note.

Tous les géologues qui ont écrit sur le bassin de Littry ont signalé l'abondance des roches éruptives, appelées uniformément *porphyres* ou quelquefois *roches de soulèvement*, qui affleurent sur quelques points du bassin ou qui ont été rencontrées par les travaux de mines. Le Mémoire de Vieillard sur *Le Terrain houiller de Basse-Normandie*, publié à Caen en 1874, est riche d'indications à cet égard; et, si l'on consulte le *Livre des Maîtres-sondeurs des mines de Littry* où sont conservées les coupes détaillées des anciens sondages, on constate que la plupart des recherches ont été arrêtées à la première rencontre de la roche porphyrique, considérée comme un symptôme définitivement décourageant; que quelques sondages, cependant, traversant la roche éruptive, ont trouvé sous elle les sédiments houillers et ensuite un autre banc de *porphyre*. Dès avant de commencer nos recherches de 1917-1918, nous savions, M. Bigot et moi, que la rencontre du *porphyre* était à craindre, quel que fût l'endroit choisi; et nous savions aussi que la rencontre du *porphyre* impliquerait, à peu près certainement, l'insuccès de la recherche, je veux dire l'inexistence de la houille. Mais nous n'aurions jamais pu supposer l'ampleur vraiment extraordinaire qu'ont eue les phénomènes volcaniques, dans la région de Littry, à l'époque stéphanienne.

Le sondage de Saint-Martin-de-Blagny ([1]) a atteint le terrain houiller à la profondeur de 110^m, après avoir traversé, sous quelques mètres de terre et de limon, 106^m environ de terrain permien ([2]). On est resté dans le Houiller jusqu'à la profondeur de 200^m. L'épaisseur du terrain houiller est donc, sur ce point, de 90^m seulement. Au-dessous, on a trouvé le Cambrien. Sur les 90^m de Houiller, il n'y a eu que 27^m ou 28^m de roches sédimentaires ayant l'apparence habituelle des schistes, grès ou poudingues houillers; le reste était formé de roches éruptives très altérées. On n'a trouvé, en fait de charbon, que des filets de houille ayant au plus quelques millimètres d'épaisseur. Le Cambrien, pénétré de veinules de roche volcanique, a présenté d'abord une telle ressemblance avec les coulées traversées que le diagnostic, à son sujet, est resté incertain jusqu'à la profondeur de 226^m. Plus bas, se sont présentés des schistes rouges, parfois très inclinés, dont l'attribution au Cambrien n'était plus douteuse.

Les roches éruptives forment, à Saint-Martin-de-Blagny, quatre coulées ou systèmes de coulées, d'épaisseur très inégale, séparées par des étages peu puissants (de grès, schistes et poudingues). Le système le plus élevé (entre les profondeurs $113^m,60$ et $155^m,80$), épais de 42^m, comprend : des coulées de couleurs sombres, gris, gris rougeâtre foncé, lie de vin, vert foncé, souvent variolitiques; puis des coulées sans sphérolithes visibles, à couleurs claires et vives, avec mélange de teintes; enfin, vers 140^m, une brèche volcanique, avec débris de schistes noirs. Le deuxième système va de 156^m à 162^m, formé sur cette épaisseur de 6^m, de roches au toucher rude, de couleur claire, grise ou rose, et d'aspect uniforme. Le troisième système va de $175^m,05$ à $185^m,60$ et comprend : des roches très claires, grises ou roses; puis des roches lie de vin, d'aspect argileux; une brèche volcanique, à débris de grès et de quartz; des roches claires; enfin, de nouveau, une brèche. Le quatrième système forme la base même du Houiller (de $198^m,35$ à $200^m,15$) : c'est une coulée rouge, à taches verdâtres, compacte et homogène, ayant l'aspect d'argilophyre. Les schistes qui forment ici la tête du Cambrien sont parcourus par de nombreuses veinules de la même lave altérée. Les sédiments intercalés entre les systèmes de coulées volcaniques

---

([1]) Emplacement exact du sondage : rive gauche du petit ruisseau qui vient de Tournières, à l'est-sud-est de l'église de Saint-Martin-de-Blagny.

([2]) Ce terrain attribué au Permien est concordant avec le Houiller : c'est une alternance de grès et de schistes rouges et de calcaires gris sombre. Pas de fossiles. La séparation du Permien et du Houiller est un peu arbitraire.

sont à peu près horizontaux; ils renferment, vers 165m, des empreintes végétales, parmi lesquelles un *Pecopteris* indéterminable. Çà et là, dans les trois systèmes sédimentaires séparant les coulées volcaniques, il y a des filets de houille, très minces, dans les schistes ou les grès.

Les roches volcaniques de Saint-Martin-de-Blagny sont malheureusement très altérées. Le sondage n'a fourni aucun échantillon dont la détermination pétrographique pût être faite avec une entière certitude. La variabilité des teintes et la fréquence des couleurs claires, grises, roses ou vertes, m'avaient d'abord fait penser aux rhyolites et j'avais été tenté de prendre pour des pyromérides les coulées à structure sphérolithique qui se rencontrent entre 115 et 130. Il s'agit en réalité presque partout, de roches basiques. Les coulées à sphérolithes sont des *basaltes variolitiques*. Au milieu d'elles, vers 127,50, s'intercale un basalte scoriacé, dont les cristaux d'olivine ont encore conservé leurs formes et dont les soufflures sont remplies de calcédoine. A la base du système supérieur de coulées, à partir de 149, s'étend une coulée d'une andésite à mica noir, probablement analogue à l'andésite de La Poterie dont je parlerai dans un instant.

Les variolites montrent, nageant dans une pâte grise ou rouge sombre, *des varioles* jaunâtres ou brunâtres, ayant toute dimension jusqu'à 4mm de diamètre, souvent réunies en chaînes, et très irrégulièrement réparties. Les bords de ces varioles sont parfaitement nets et souvent soulignés d'une ligne brune. Leur centre est quelquefois taché de brun, en raison d'une accumulation de limonite. Beaucoup n'agissent pas sur la lumière polarisée. Quelques-unes ont une structure vaguement fibreuse et montrent, entre nicols croisés, une croix noire; elles sont formées d'un minéral de haute biréfringence et d'assez grande réfringence [1]. La pâte qui entoure les varioles est presque entièrement isotrope; elle est très chargée d'oxyde de fer, surtout à l'état de Fe^3O^4.

Les roches du sondage de la Poterie sont beaucoup plus fraîches; mais je n'ai vu parmi elles aucune variolite.

Ce sondage de La Poterie [2] a été foré à 4km,250 au nord-est du sondage de Saint-Martin-de-Blagny. Il est resté jusqu'à 154m de profondeur dans le terrain attribué au Permien, puis est entré dans le Houiller, qui a débuté par des grès brunâtres. Le Houiller a ici 105m d'épaisseur. Au-dessous

(1) Déterminé par M. Lacroix comme sidérite.

(2) Emplacement exact du sondage : lieu dit La Poterie, commune de Saonnet, rive droite du ruisseau, à une centaine de mètres au sud de la route du Molay à Isigny.

du Houiller et à partir de 258,80, on a pénétré dans le Cambrien, formé de schistes verts inclinés de 30° à 40° (tandis que le Houiller est à peu près horizontal).

Sur les 105ᵐ d'épaisseur totale de terrain houiller, il y a eu 65ᵐ de sédiments houillers du type ordinaire et 40ᵐ de coulées volcaniques. Aucune couche de houille n'a été rencontrée. Les coulées volcaniques se répartissent en deux systèmes : l'un, épais de 30ᵐ environ (de 173,50 à 203,65) ; l'autre, épais de 10ᵐ (de 219,50 à 229,50). A la base de ce que nous avons, M. Bigot et moi, rapporté au Permien, c'est-à-dire au-dessus des premiers grès d'aspect houiller, vers la profondeur de 150-154, il y a une coulée de basalte, identique à celles que je vais décrire.

De 173,50 à 180, on a affaire à une coulée de basalte. L'olivine est serpentinisée, mais très reconnaissable. L'augite est chloritisé. Les microlites feldspathiques sont encore visibles bien que transformés en argile. Beaucoup de fer oxydulé. La structure est fluidale.

Puis vient, sur 10ᵐ environ d'épaisseur, une coulée d'andésite à mica noir. Mica noir souvent assez frais, mais partiellement résorbé. Structure microlitique fluidale. Pyroxène décomposé. Feldspath, dans les deux temps de consolidation, ayant conservé ses contours nets, mais presque entièrement passé à l'état d'argile. Peu d'oxyde de fer. La roche est, à l'œil nu, de couleur claire, gris un peu rosé, et très compacte. Certaines préparations montrent des quartz rongés, en petit nombre; d'autres, de rares cristaux d'olivine; mais il est probable que quartz et olivine sont ici de provenance étrangère et n'appartiennent pas au magma.

Au-dessous de la coulée d'andésite, de 190 à 199, nouvelle coulée de basalte. Roche compacte, d'un noir verdâtre, analogue à celle des coulées supérieures. Olivine transformée en serpentine ou en talc. Pyroxène presque toujours détruit. Feldspath en cristaux nets, épigénisé par de l'argile, quelquefois incomplètement.

Le deuxième système de coulées (de 219 à 229) est formé d'andésites très altérées, où l'on voit cependant encore un peu de mica noir. Roches vacuolaires, de couleur claire, gris rosé. Les vacuoles sont souvent remplies de calcédoine.

Plus bas, au milieu des sédiments houillers s'intercale, vers 235, une roche caverneuse dont l'aspect rappelle certaines meulières. Au microscope, on y voit du quartz, de la calcite, des débris de laves. C'est, suivant toute vraisemblance, un tuf d'andésite. Un peu plus bas, vers 241, toujours au milieu des sédiments houillers, se présente un banc de fine cinérite, où les poussières volcaniques se mélangent au quartz sédimenté.

Ainsi, les roches volcaniques de La Poterie sont de deux sortes : basaltes riches en olivine; andésites à mica noir, confinant peut-être aux dacites. Les coulées des deux types alternent.

A Saint-Martin-de-Blagny, où la proportion des coulées volcaniques aux sédiments est bien plus forte, il y a également des basaltes et des andésites; certaines coulées de basalte sont variolitiques. Il est possible que, dans les argilophyres des coulées inférieures, il faille voir le résidu de laves de types différents, actuellement méconnaissables.

Les phénomènes volcaniques, dans le bassin houiller de Littry, ont donc été intenses, prolongés et variés. Il n'y a pas seulement *un porphyre :* sous ce nom mal défini, on a englobé autrefois des laves très dissemblables. On a eu tort aussi de les appeler *roches de soulèvement* et de les considérer comme des roches postérieures à la sédimentation houillère, ayant, par leur intrusion violente, dérangé les assises du Houiller. Les anciens exploitants attribuaient, en général, au dérangement mécanique causé par les porphyres, la disparition de la houille sur les bords des régions exploitées. La réalité est tout autre. Les roches de Littry sont des roches *volcaniques*, contemporaines de la formation houillère et qui se sont épanchées dans le bassin même où cette formation se déposait, à la façon des laves de nos volcans actuels et avec l'habituel accompagnement des phénomènes volcaniques accessoires, pluies de cendres, coulées boueuses, etc. De telles roches ne dérangent pas *mécaniquement* la sédimentation; elles la troublent et l'altèrent en s'y mêlant, ce qui est beaucoup plus grave quand il s'agit d'une sédimentation organique. Les deux sondages récents nous ont montré de la façon la plus nette que les roches volcaniques s'intercalent dans le terrain houiller en coulées régulières, parallèles à la stratification; qu'il peut y avoir plusieurs coulées, ou plusieurs systèmes de coulées, séparés par des sédiments; que, dans ce cas, les sédiments, ainsi compris entre deux épisodes volcaniques, sont parfois des mélanges de matériaux d'origine volcanique et de matériaux détritiques ordinaires; que quelques-uns, même, sont de véritables cinérites; qu'à tout cela s'associent des brèches et des tufs, comme il arrive toujours dans un bassin sédimentaire sur les bords duquel des volcans se sont ouverts.

Cette activité volcanique n'a pas sévi seulement aux environs de Littry. Elle se faisait, à la même époque, sentir aussi dans le petit bassin houiller du Plessis, qui appartient au département de la Manche. A Littry, les volcans ont duré pendant toute la période de formation du terrain houiller; ils ont même duré plus longtemps, car on trouve encore des coulées et des

brèches volcaniques dans les assises de base du Permien. Pendant le dépôt du Houiller, l'activité de ces volcans a gêné considérablement la sédimentation organique qui tendait à s'établir sur toute la superficie du bassin; elle l'a gênée au point de supprimer le charbon sur une grande partie de cette superficie.

Aucune des régions connues du bassin ne paraît d'ailleurs avoir échappé complètement à cette influence pernicieuse. Vieillard dit qu'à Fumichon (1) il n'y a pas eu de porphyres; et c'est sur cette indication que l'on s'est résolu à faire un sondage à Saint-Martin-de-Blagny; on sait aujourd'hui que nulle part la proportion des roches volcaniques n'a été plus forte que dans ce sondage. Si, maintenant que nous sommes bien fixés sur la nature et le mode de gisement des roches en question, nous relisons les coupes des deux puits de Fumichon, données par Vieillard, nous ne pouvons pas ne pas regarder comme des laves, ou des brèches volcaniques, les couches baptisées *schistes rouges et verdâtres* que ces deux puits ont traversées à peu de distance de la couche de charbon.

THÉRAPEUTIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Nouvelles observations sur les effets des transfusions salines intraveineuses après hémorragies graves.* Note de MM. **Charles Richet, P. Brodin, Fr. Saint-Girons** (2).

I. L'étude des hémorragies est en ce moment trop importante et comporte des applications immédiates trop urgentes pour qu'il ne soit pas nécessaire d'éviter toute méprise dans l'interprétation de nos expériences.

Et tout d'abord il est bien évident que les injections salines dans les hémorragies ont été depuis longtemps, même avant le Mémoire classique de Dastre et Loye (1888), recommandées et pratiquées. Mais on ne faisait pas l'hydrotomie, de sorte qu'on n'avait qu'un chiffre très approximatif, très hypothétique, sur le rapport entre les hématies enlevées et les hématies restant dans le corps. Or, dans toutes nos expériences, le nombre des hématies a été exactement calculé par la numération globulaire combinée avec l'hydrotomie, ce qui permet de remplacer par une donnée pré-

(1) C'est la dernière exploitation de houille faite à Littry; elle a pris fin en 1880. Fumichon est à 1^{km} environ au nord de Saint-Martin-de-Blagny.

(2) Cf. notre précédente Note sur le même sujet (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 55-59).

cise les données vagues qu'on nous fournissait jusqu'à présent. Sans hydrotomie il paraît à peu près impossible de justement évaluer soit le nombre des hématies, soit la masse du sang.

Puisque dans toutes nos expériences l'hydrotomie — nécessaire pour une expérimentation rigoureuse — était faite, il est bien évident que nous ne pouvons parler de survie définitive. Nous ne nous sommes occupés que de la survie immédiate. Il est possible, il est même probable, que certains de nos animaux n'eussent pas survécu 6 heures, 24 heures, 2 jours, 8 jours aux hémorragies que nous leur avions faites. Mais, avant de survivre 8 jours, il est nécessaire de survivre une demi-heure. Et c'est cette demi-heure de survie que nous prenions pour critérium.

L'expérience n'était arrêtée qu'au moment de la mort; car nous répétions les hémorragies de demi-heure en demi-heure jusqu'à la mort.

La survie définitive (au bout de plusieurs heures ou de plusieurs jours) est une tout autre question que nous n'avons pas encore abordée.

Nous avons simplement voulu prouver que les injections salines abondantes permettent de pousser la perte de sang (c'est-à-dire de globules) mortelle beaucoup plus loin que ne l'eussent permis des hémorragies sans injection.

II. Voici de nouvelles expériences, confirmatives.

Nous réunissons les nouvelles aux anciennes; mais nous les présenterons sous une forme différente.

On peut en effet calculer la masse du sang, et les hématies, soit par rapport au poids vif du corps, soit par rapport à la masse du sang et aux hématies du même animal avant l'hémorragie. Ces deux méthodes, qui donnent dans l'ensemble à peu près les mêmes chiffres, ont l'une et l'autre des avantages et des inconvénients. Or nous avons pensé qu'on pourrait leur donner à chacune un même coefficient, 50 pour 100, et les sommer. Les chiffres obtenus ainsi sont plus homogènes.

Nous faisons six groupes :

A. Cinq chiens, n'ayant pas reçu d'injection.

B. Six chiens ayant reçu une injection isotonique de NaCl, à 7 pour 1000.

C. Onze chiens ayant reçu l'injection de NaCl, additionnée de glycose, ou de lactose, à 2, 5, 10 pour 1000.

D. Quatre chiens ayant reçu la solution de NaCl mélangée avec 25, 20, 15 pour 100 du sérum d'un cheval n° 1.

E. Trois chiens ayant reçu la solution de NaCl mélangée avec 25 pour 100 du sérum d'un autre cheval n° 2.

F. Trois chiens ayant reçu injection du liquide de Locke.

Les hémorragies étaient, comme nous l'avons dit, espacées de demi-heure en demi-heure, et les injections étaient toujours en quantité double de la quantité de liquide extraite par l'artère.

Faisons égale à 100 la masse d'une part, et, d'autre part, le nombre des globules, au moment de la mort chez les chiens ayant subi une hémorragie simple.

Nous aurons les chiffres suivants pour les chiens ayant reçu après l'hémorragie, c'est-à-dire dans les intervalles qui séparent les hémorragies successives, des injections diverses.

MASSE ET HÉMATIES RESTANT DANS LE CORPS AU MOMENT DE LA MORT

(*la masse et les hématies étant égales à* 100 *chez les animaux n'ayant pas reçu d'injection au moment où ils meurent d'hémorragie simple*).

			Écart moyen relatif.	
	Masse.	Hématies.	Masse.	Hématies.
Sans injection (A)	100 [1]	100 [2]	100	100
Injection de NaCl (B)	100	43	162	230
» de NaCl et de glycose (C)	120	34	186	220
» de sérum de cheval n° 1 (D)	142	23	194	182
» de sérum de cheval n° 2 (E)	182	125	254	200
» de liquide de Locke (F)	198	58	194	192

Ce Tableau, qui résume 32 expériences, est extrêmement instructif, car il nous montre :

1° Que le sérum de cheval a des effets curieusement différents suivant l'animal qui a fourni du sang. Avec le sérum du cheval n° 1 (groupe D) nous avons l'*optimum* (23 pour 100). Avec le sérum du cheval n° 2 (groupe E), nous avons le *pessimum* (125 pour 100);

2° Que la solution isotonique de NaCl, additionnée de 5 ou 10 pour 1000 de glycose, est manifestement préférable à la solution isotonique simple;

3° Que le liquide de Locke, encore que, d'après les nombreuses expé-

(1) Le chiffre absolu étant voisin de 30 pour 100 de la masse initiale.

(2) Le chiffre absolu étant voisin de 25 pour 100 des hématies initiales.

riences des physiologistes, on eût pu le supposer très favorable, est bien inférieur à la simple solution de NaCl;

4° Qu'après l'hémorragie sans injection, l'écart moyen (pour la masse comme pour les hématies) est bien moindre qu'après des hémorragies sans injection. Dans les divers groupes B, C, D, E, F, malgré la diversité des traitements, l'écart moyen a une étonnante fixité;

5° Qu'on peut donc supposer que, lorsque la masse restante dépasse 30 pour 100 de la masse initiale du sang, et que les hématies dépassent 5 pour 100 des hématies initiales, si la mort survient, c'est qu'il y a quelque action toxique sur le cœur (liquide de Locke, sérum toxique de certains chevaux).

III. Nous dirons donc, comme conclusion fondamentale, qu'il est par ces expériences démontré en toute certitude que par des injections salines abondantes on permet à un organisme de survivre à des hémorragies qui, sans ces injections salines, eussent immédiatement déchaîné sa mort.

HYDRAULIQUE. — *Avantages résultant de l'emploi d'un étranglement à l'entrée des réservoirs ou pare-chocs destinés à atténuer les coups de bélier.* Note [1] de M. DE SPARRE.

Soient l la longueur de la conduite forcée, S sa section, H la hauteur de chute, l_1 la hauteur de l'eau dans le réservoir à l'état statique, l_1+x cette hauteur à un instant quelconque, ω la section du réservoir, s la section de l'étranglement placé à sa base; v, x' et w la vitesse de l'eau dans la conduite, dans le réservoir et dans l'étranglement à un instant quelconque; v_0, x'_0, w_0 les valeurs initiales de ces quantités. Soient de plus p le poids du piston sur lequel agit l'eau du réservoir, F la force qui agit sur ce piston, F_0 la valeur de cette force pour $x=0$. Le piston devant être en équilibre pour $x=0$, on a

$$p+F_0=\pi\omega(H-l_1) \quad (^2).$$

Nous supposerons de plus

$$\frac{F-F_0}{\pi\omega}=Bx.$$

(1) Séance du 1er juillet 1918.

(2) π désigne le poids spécifique du liquide.

Dans le cas des réservoirs, bien que le mouvement de l'eau soit d'abord un mouvement d'oscillation par ondes, on peut considérer avec une approximation suffisante le mouvement de l'eau comme un mouvement en masse, de sorte qu'on a à un instant quelconque

$$Sv = sw = \omega x'.$$

On peut de plus, si le réservoir est tel que le coup de bélier garde une valeur modérée, négliger la dilatation de la conduite et la compression du liquide.

On aura alors, pour la perte de charge provenant de l'étranglement,

$$\frac{\alpha w^2}{2g} + \frac{1}{2g}\left[(w - x')^2 + \frac{x'^2}{9}\right],$$

le premier terme représentant la perte de charge due au phénomène d'ajutage à l'entrée de l'étranglement et le second la perte de charge due à l'élargissement brusque de la veine à sa sortie. On aura alors pour le mouvement de l'eau, en supposant le distributeur complètement fermé ([1]),

$$(1) \qquad 2(n + x)\frac{d^2x}{dt^2} + m\frac{dx^2}{dt^2} + 2g(1 + B)x = 0,$$

où l'on a posé

$$(2) \qquad n = \frac{l\omega}{S} + l_1 + \frac{p}{\pi\omega},$$

$$(3) \qquad m = 1 + \alpha\frac{\omega^2}{s^2} + \left(\frac{\omega}{s} - 1\right)^2 + \frac{1}{9}.$$

Si l'on pose alors

$$u = \frac{dx^2}{dt^2},$$

on déduit de (1), en supposant qu'à l'instant initial on ait

$$u_0 = x_0'^2 = \frac{v_0^2 S^2}{\omega^2},$$

$$(4) \qquad u = \frac{dx^2}{dt^2} = \left[u_0 - \frac{2g(1 + B)n}{m(m + 1)}\right]\left(1 + \frac{x}{n}\right)^{-m} + \frac{2g(1 + B)}{m + 1}\left(\frac{n}{m} - x\right).$$

([1]) En général la fermeture ne sera pas instantanée et, si elle l'était, il y aurait une première période pendant laquelle on n'aurait pas $x'\omega = ws = vS$, mais une étude plus complète du phénomène montre qu'on peut supposer, avec une approximation suffisante,

$$v_0 S = w_0 s = x_0' \omega.$$

Si l'on désigne par $H(1+z)$ la pression en hauteur d'eau, abstraction faite de la pression atmosphérique, on n'obtiendra qu'une façon semblable en considérant le mouvement entre le réservoir de mise en charge, où l'on suppose la vitesse négligeable et l'extrémité de la conduite.

$$(5) \qquad Hz = -\frac{l}{g}\frac{dv}{dt} - \frac{v^2}{2g}.$$

Mais dans les relations (5) et (2), vu la grandeur de l, on pourra prendre avec une exactitude suffisante

$$(6) \qquad Hz = -\frac{l}{g}\frac{dv}{dt} = -\frac{l}{2g}\frac{\omega}{S}\frac{du}{dx}, \qquad n = \frac{l\omega}{s}.$$

Les formules (4) et (6) donneront alors

$$(7) \qquad Hz = \frac{m}{2g}\left[u_0 - \frac{2ng(1+B)}{m(m+1)}\right]\left(1+\frac{x}{n}\right)^{-m-1} + \frac{n(1+B)}{m+1}.$$

Dans le cas où il n'y a pas d'étranglement on a $m=1$ et les formules (4) et (7) donnent par suite

$$\frac{dx^2}{dt^2} = \frac{nu_0 - g(1+B)x^2}{n+x},$$

$$Hz = \frac{u_0 - gn(1+B)}{2g(x+n)^2}n^2 + \frac{n(1+B)}{2};$$

comme on a toujours $u_0 < gn(1+B)$, on aura pour le maximum x_m de x et pour le maximum h_m du coup de bélier

$$(8) \qquad x_m = \sqrt{\frac{nu_0}{g(1+B)}}, \qquad h_m = \frac{(1+B)nx_m}{n+x_m},$$

mais au dénominateur de la seconde expression on peut négliger x_m devant n et prendre par suite

$$(9) \qquad h_m = (1+B)x_m = \sqrt{\frac{nu_0(1+B)}{g}}.$$

Si l'on désigne maintenant par Q le volume du réservoir, ce volume devra être égal à $2\omega x_m$; on aura donc de (8) et (9)

$$Q = 2\omega x_m = 2\omega\frac{nu_0}{gh_m},$$

ou, en remplaçant u_0 par $\frac{S^2 v_0^2}{\omega^2}$ et n par $\frac{l\omega}{S}$,

$$Q = \frac{2 l v_0^2 S}{g h_m}. \tag{10}$$

Si, au lieu de cela, on a un étranglement tel que la valeur correspondante de m vérifie la relation

$$u_0 = \frac{v_0^2 S^2}{\omega^2} = \frac{2 g n(1+B)}{m(m+1)}, \tag{11}$$

on déduira des formules (4) et (7)

$$u = \frac{dx^2}{dt^2} = \frac{2g(1+B)}{m+1}\left(\frac{n}{m} - x\right), \qquad Hz = \frac{n(1+B)}{m+1}, \tag{12}$$

et, par suite, on aura pour les valeurs maxima x'_m et h'_m de x et du coup de bélier

$$x'_m = \frac{n}{m}, \qquad h'_m = \frac{n(1+B)}{m+1}.$$

On en conclut pour le volume Q' du réservoir, en tenant compte de (11) et (12),

$$Q' = 2\omega x'_m = \frac{l v_0^2 S}{g h'_m}.$$

On voit que pour une conduite donnée et une valeur donnée du coup de bélier maximum, cet étranglement réduit de moitié le volume du réservoir.

De plus, si l'on calcule la force vive perdue pendant la compression, par suite de ce dispositif, on trouve qu'elle est sensiblement la moitié de la force vive initiale. Ce fait supprime presque complètement les oscillations de l'eau et les dangers de résonances.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les tensions de la vapeur saturée des corps octoatomiques.* Note (1) de M. E. **Ariès**.

Les données de l'expérience faisant défaut sur les corps composés de six ou de sept atomes, nous nous proposons aujourd'hui de contrôler notre formule donnant la tension de vaporisation des liquides sur les données

(1) Séance du 1er juillet 1918.

concernant quelques corps octoatomiques, le formiate de méthyle, le bromure d'éthyle, le chlorure d'éthyle, l'acide acétique et l'éthane (voir le *Recueil de Constantes physiques*, p. 289 et suiv.).

Les deux derniers corps ne donnent pas lieu à des vérifications satisfaisantes. Il n'y a pas à s'en étonner pour l'acide acétique que les chimistes considèrent comme assez souvent polymérisé.

Des trois autres corps, le formiate de méthyle est le seul qui ait été l'objet d'une série d'expériences sur toute l'étendue désirable; ces expériences ont été exécutées en 1893 par MM. Sydney Young et Thomas. C'est à elles que nous nous rapporterons pour déterminer les constantes de notre formule.

L'exposant n nous a paru devoir être fixé à $\frac{9}{10}$. La valeur de la fonction Γ étant l'unité pour $\tau = 0,88$ environ, nous poserons en sacrifiant peut-être un peu de la rigueur à la simplicité

$$(1) \qquad \Gamma = 1 + \frac{(1-\tau)(0,88-\tau)}{(1-\tau)^2 + 0,8}.$$

Ce qui donne pour la tension Π en fonction de la température τ

$$(2) \qquad \Pi = \tau^{2+\frac{9}{10}} \frac{Z}{x}, \qquad x = \left[1 + \frac{(1-\tau)(0,88-\tau)}{(1-\tau)^2 + 0,8}\right] \tau^{1+\frac{9}{10}}.$$

Le Tableau ci-après montre que les tensions de la vapeur du formiate de méthyle sont très convenablement représentées par la formule (2).

Formiate de méthyle, S. Young et Thomas (1893).

$T_c = 487$; $P_c = 59^{atm},25 = 4503^{cm}$.

Température centigrade.	Tension de la vapeur saturée observée.	Tension de la vapeur saturée calculée.
	cm	cm
—20	6,77	6,39
0	19,50	19,41
20	47,64	48,41
40	102,9	103,45
60	199,0	198,00
80	349,7	347,50
100	578,2	570,30
120	904,0	887,80
140	1358,0	1325,23
160	1951	1917,65
180	2705	2679,30
200	3668	3663,82
210	4251	4249,84

Bromure d'éthyle, Regnault (1862).

$T_c = 480$; $P_c = 39^{atm} = 2960^{cm}$.

Température centigrade.	Tension de la vapeur saturée observée.	Tension de la vapeur saturée calculée.
	cm	cm
—20	5,92	5,32
0	16,56	15,53
20	38,70	37,85
40	80,19	79,62
60	151,19	150,28
80	263,86	261,03
100	431,23	424,73
120	665,80	656,85
140	977,96	975,91

Chlorure d'éthyle, Regnault (1862). Sajotchewski (1878).

$T_c = 455,5$; $P_c = 54^{atm} = 410^{cm}$.

Température centigrade.	Tension de la vapeur saturée observée.	Tension de la vapeur saturée calculée.
	cm	cm
—20	18,75	15,47
0	46,52	42,42
20	99,62	95,11
40	191,96	189,50
60	340,05	342,51
80	561,41	574,54
100	872,28	912,50
	atm	atm
110	14,81	14,85
130	20,92	22,07
150	30,22	31,74
170	42,00	44,41

Chlorure d'éthyle, Regnault (1862). Sajotchewski (1878).

$T_c = 446$; $P_c = 44^{atm} = 3344^{cm}$.

Température centigrade.	Tension de la vapeur saturée observée.	Tension de la vapeur saturée calculée.
	cm	cm
—20	18,75	16,95
0	46,52	44,17
20	99,62	97,48
40	191,96	190,01
60	340,05	340,25
80	561,41	561,01
100	872,28	880,71
	atm	atm
110	14,81	14,29
130	20,92	21,10
150	30,22	30,17
170	42,00	42,05

Chlorure d'éthyle, Berthoud (1916).

$T_c = 446$; $P_c = 44^{atm} = 3344^{cm}$.

Température centigrade.	Tension de la vapeur saturée observée.	Tension de la vapeur saturée calculée.
	atm	atm
12,5	0,955	0,97
44,6	2,92	2,81
66,4	5,31	5,83
85,3	8,32	8,36
98,1	11,16	11,13
111,3	14,79	14,67
122,7	18,15	18,38
136,7	23,39	23,86
149,0	28,70	29,66
162,0	35,35	36,89
170,45	40,40	42,60

Les tensions de vaporisation du bromure d'éthyle n'ont été relevées par Régnault en 1862 qu'à des températures modérées et encore assez éloignées de l'état critique qui se manifesterait à la température de 236° selon Paw-

lewski (1882). Quant à la pression critique de ce corps, elle nous est encore inconnue; mais l'application de la formule (2) aux expériences de Regnault, en adoptant la température critique trouvée par Pawlewski, permet de déduire de chaque température d'observation une estimation de la pression critique. Les valeurs ainsi trouvées qui devraient s'accorder, sont assez variables. Il en est tout autrement, si l'on modifie la température critique, d'ailleurs assez notablement, en la fixant à 207° C., ce qui détermine une pression critique sensiblement égale à 39^{atm} ; et, comme on le voit sur notre Tableau, les tensions données par Regnault sont alors bien représentées par la formule (2).

Les tensions de la vapeur du chlorure d'éthyle jusqu'à l'état critique ont été l'objet de diverses déterminations qui ne s'accordent pas, mais qu'il nous a paru très intéressant d'examiner de près. Ces tensions ont été mesurées par Regnault (1862) de — 20° C. à 100°, et au delà par Sajotchewski (1872) qui fixait les constantes critiques de ce corps à 182°,6 pour la température et à 52^{atm},6 pour la pression. Le *Recueil de constantes physiques* recommande les valeurs trouvées plus tard pour ces constantes par Vincent et Chappuis (1886), soit 182°,5 pour la température et 54^{atm} pour la pression. L'application de ces dernières valeurs à la formule (2) donne aux températures d'observation de Regnault et de Sajotchewski les tensions consignées sur notre Tableau (colonne de gauche). La comparaison des tensions calculées avec les tensions observées, sans être tout à fait inacceptable, au moins pour les déterminations de Regnault, accuse, aux plus hautes températures explorées par Sajotchewski, des écarts vraiment exagérés.

Tout récemment, M. A. Berthoud s'est livré à des travaux très soignés sur les tensions de vaporisation du même corps depuis la température de 12°,5 C. jusqu'à l'état critique dont il estime la température à 187°,2 et la pression à 51^{atm},72 (¹). L'application de ces valeurs des constantes critiques à la formule (2) ne donne pas une représentation plus satisfaisante des expériences de M. Berthoud.

Il paraît ressortir de ces constatations contradictoires qu'il règne encore une assez grande incertitude sur les véritables valeurs des éléments critiques des corps que nous venons d'étudier, notamment en ce qui concerne le bromure d'éthyle et le chlorure d'éthyle; ce qui nous conduit à rechercher, pour le chlorure comme nous l'avons fait pour le bromure, s'il n'est pas possible d'attribuer à ces éléments des valeurs qui mettraient la for-

---

(¹) *Journal de Chimie physique*, t. 15, 1917, p. 13.

mule (2) mieux en rapport avec les faits observés. Or, en adoptant 173°C. comme température critique et 44^{atm} comme pression critique, on obtient, avec la formule (2), les résultats consignés à la colonne de droite de notre Tableau, et qui sont intéressants. Les tensions de la vapeur saturée du chlorure d'éthyle ainsi calculées représentent d'une façon assez remarquable les tensions observées soit par Regnault, soit par Sajotchewski dans toute l'étendue du champ de leurs expériences; elles s'accordent même d'une façon satisfaisante avec les déterminations de M. Berthoud jusqu'à la température supérieure de 136°,7 inclusivement.

Nous ne prétendons, certes, pas avoir trouvé par cette méthode indirecte une juste estimation des constantes critiques du bromure d'éthyle et du chlorure d'éthyle, car la formule (2), qui n'est qu'une formule de première approximation, sera elle-même à reviser, quand on possédera sur les corps octoatomiques un ensemble de données suffisamment précises, mais il nous apparaît, dès aujourd'hui, comme très vraisemblable que ces données permettront de mettre en évidence que les tensions de vaporisation du formiate de méthyle, du bromure et du chlorure d'éthyle sont régies par une seule et même relation, et que ces tensions sont, par conséquent, en harmonie pour satisfaire à la loi sur les états correspondants.

M. **Paul Marchal** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie le Tome IV, récemment paru, des *Annales du Service des Épiphyties*. On sait que ce Service a été fondé sur l'initiative de M. Eugène Roux, lorsqu'il réorganisa en 1912 les Services scientifiques du Ministère de l'Agriculture. Il a dans ses attributions l'étude des maladies ou des ennemis des plantes et a pour but la protection des cultures contre leurs parasites.

Le Tome IV des *Annales* contient une série de travaux dont nous mentionnerons les suivants, en raison de leur importance théorique ou pratique.

Ce sont : les études de M. Capus sur l'évolution du mildiou de la vigne; celles de M. Feytaud sur l'Eudémis et la Cochylis; un travail de notre collègue M. Mangin sur l'emploi des arsenicaux contre les parasites de la Betterave; un Mémoire de M. Arnaud sur une série de maladies nouvelles ou peu connues; une Note de M. Fron sur la gale noire de la pomme de terre, maladie dont on redoute l'introduction en France et contre laquelle il importe de prendre des mesures de protection; enfin un exposé de l'orga-

nisation de la lutte contre les maladies des plantes en Italie par M. Latière.

Une Note sur la vie et les travaux d'Edouard Prillieux, accompagnée d'un portrait, ouvre ce Volume et constitue un modeste hommage rendu à la mémoire de notre très regretté et vénéré collègue, le fondateur de la Pathologie végétale en France.

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les développements trigonométriques de la mécanique céleste.* Note de **M. E. Vessiot**, présentée par M. Appell.

J'ai indiqué dans une Note précédente (¹) comment les propriétés des *systèmes canoniques* ont leur origine commune dans le fait que les équations qui définissent l'intégrale générale d'un tel système peuvent représenter une famille de *transformations canoniques*. J'ai montré comment cette propriété fondamentale pouvait être utilisée dans la formation des séries classiques de la théorie des perturbations. Elle n'est pas moins utile quand on cherche la solution formelle du problème des n corps, sous forme de séries trigonométriques. Voici la méthode simple à laquelle elle conduit, quand on suit la voie tracée par Poincaré dans le tome 14 du *Bulletin astronomique*.

1. Le système à intégrer est, μ étant un paramètre de l'ordre des masses,

$$\frac{dx_k}{dt}=\frac{\partial F}{\partial y_k},\quad \frac{dy_k}{dt}=-\frac{\partial F}{\partial x_k},\quad F=F_0+\frac{\mu}{1}F_1+\frac{\mu^2}{1.2}F_2+\ldots\quad (k=1, 2, 3, \ldots, n).$$

F_0 ne dépend que de $x_1, \ldots, x_p$ (proportionnels aux racines carrées des grands axes); F_1, F_2, ... sont des séries entières par rapport à

$$e^{\pm iy_l},\qquad u_h=\sqrt{x_{p+h}}\,e^{iy_{p+h}},\qquad v_h=i\sqrt{x_{p+h}}\,e^{-iy_{p+h}}$$
$$(l=1, 2, \ldots, p;\ h=1, 2, \ldots, q;\ p+q=n),$$

où $y_1, \ldots, y_p$ sont les longitudes moyennes, et $x_{p+1}, \ldots, x_n; y_{p+1}, \ldots, y_n$ des variables excentriques et obliques. Les coefficients de ces séries dépendent de $x_1, \ldots, x_p$. De plus, en désignant par $[f]$ la valeur moyenne de toute fonction périodique f des longitudes moyennes, on pose

$$[F_1]=R_0+R,\qquad R=R_2+R_3+R_4+\ldots;$$

(¹) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 99-102.

R_m est homogène, de degré m, par rapport aux u_h, v_h et ses coefficients sont fonctions de $x_1, \ldots, x_p$. Enfin R_2, et l'une des intégrales des aires, C, ont été ramenées à la forme réduite

$$R_2 = i\sum_{h=1}^{q} c_h u_h v_h, \qquad C = \sum_{k=1}^{p} x_k + i\sum_{h=1}^{q} u_h v_h.$$

Cela posé, il s'agit d'introduire de nouveaux éléments canoniques $x'_1, \ldots, x'_n$; $y'_1, \ldots, y'_n$, définis par des séries ordonnées en μ, à coefficients périodiques en $y'_1, \ldots, y'_n$,

$$\text{(T)} \quad x_k = x'^{(0)}_k + \frac{\mu}{1} x'^{(1)}_k + \frac{\mu^2}{1.2} x'^{(2)}_k + \ldots, \qquad y_k = y'^{(0)}_k + \frac{\mu}{1} y'^{(1)}_k + \frac{\mu_2}{1.2} y'^{(2)}_k + \ldots$$
$$(k = 1, 2, \ldots, n),$$

de manière que les variables y'_k disparaissent de F. Ces séries donneront la solution cherchée, en y faisant $x'_k = \text{const.}$, $y'_k = -\dfrac{\partial F}{\partial x'_k} t + \text{const.}$

2. Considérons les formules (T) comme la solution d'un système canonique auxiliaire :

$$\frac{dx_k}{d\mu} = \frac{\partial H}{\partial y_k}, \qquad \frac{dy_k}{d\mu} = -\frac{\partial H}{\partial x_k}, \qquad H = H_0 + \frac{\mu}{1} H_1 + \frac{\mu^2}{1.2} H_2 + \ldots$$
$$(k = 1, 2, \ldots, n).$$

Il suffira de déterminer : 1° les fonctions $x'^{(0)}_k$, $y'^{(0)}_k$ de $x'_1, \ldots, x'_n$; $y'_1, \ldots, y'_n$; 2° les coefficients $H_0, H_1, H_2, \ldots$, qui doivent être des séries de la même nature que $F_1, F_2, F_3, \ldots$. Car les séries (T) s'obtiendront ensuite par l'algorithme taylorien.

En ce qui concerne le premier problème, nous remarquons qu'il équivaut à la recherche de la transformation canonique (T_0) à laquelle se réduit (T) pour $\mu = 0$. Nous la considérerons comme obtenue en faisant la substitution (canonique)

$$u'_h = \sqrt{x'_{p+h}}\, e^{iy'_{p+h}}, \qquad v'_h = i\sqrt{x'_{p+h}}\, e^{-iy'_{p+h}} \qquad (h = 1, 2, \ldots, q)$$

dans la transformation générale (Θ), de symbole $e^{\Theta, f}$, d'un groupe canonique à un paramètre. L'inconnue est ainsi une fonction $\Theta = \Theta_3 + \Theta_4 + \ldots$ des seules variables $x_1, \ldots, x_p$; $u_1, \ldots, u_q$; $v_1, \ldots, v_q$, supposée développée comme R. Elle sera définie par la condition que (Θ) transforme R en une fonction de $x'_1, \ldots, x'_n$ seuls [1]. Or elle la transforme, si l'on omet

[1] Cette condition est imposée par la suite de la solution (n° 3). En fait, ce premier problème est celui de la détermination des *perturbations séculaires*.

d'accentuer les lettres, en

$$R+\frac{1}{1}(\Theta, R)_{u,v}+\frac{1}{1.2}[\Theta(\Theta, R)]_{u,v}+\ldots$$
$$=R_2+[(\Theta_3, R_2)_{u,v}+R_3]+\ldots+[(\Theta_m, R_2)_{u,v}+S_m]+\ldots,$$

où S_m s'exprime, par des crochets, en fonction des R_k et de $\Theta_3, \ldots, \Theta_{m-1}$. Les termes du second membre étant ainsi groupés, suivant leur degré, en u_h, v_h, on obtient les équations de condition

$$(\Theta_m, R_2)_{u,v}+S_m=\overline{S}_m \qquad (S_3=R_3),$$

où $\overline{f}$ désigne la valeur moyenne de toute fonction périodique de $y_{p+1}, \ldots, y_n$. Elles permettent de calculer les Θ_m par identification. On peut, de plus, s'imposer la condition $(C, \Theta)=0$, de sorte que (Θ) laissera invariante l'intégrale C.

3. Passons au calcul de H. Le résultat de la transformation de F par (T) s'écrit, en y omettant les indices supérieurs des $x_k^{(0)}$, $y_k^{(0)}$, et en l'ordonnant par rapport à μ,

$$F_0+\frac{\mu}{1}\Phi_1+\frac{\mu^2}{1.2}\Phi_2+\ldots.$$

Les coefficients s'obtiennent par l'application répétée, à F, de l'opération $\frac{\partial f}{\partial \mu}+(H, f)$. On trouve ainsi

$$\Phi_1=(H_0, F_0)+F_1, \qquad \Phi_{k+1}=(H_k, F_0)+D_{k+1},$$
$$D_{k+1}=(k+1)(H_{k-1}, F_1)+k[H_0(H_{k-1}, F_0)]+[H_{k-1}(H_0, F_0)]+G_k,$$

G_k s'exprimant, par des crochets, au moyen de $F_0, F_1, \ldots, F_{k+1}$; $H_0, H_1, \ldots, H_{k-2}$. Ces formules sont donc indépendantes des variables canoniques utilisées; et l'on obtiendra les conditions auxquelles doivent satisfaire les H_k, en exprimant : 1° en variables x, y, que les Φ_k ne contiennent pas $y_1, \ldots, y_p$, c'est-à-dire qu'ils sont égaux à leurs valeurs moyennes $[\Phi_k]$; 2° en variables x', y', qu'ils ne contiennent pas $y'_{p+1}, \ldots, y'_n$, c'est-à-dire que ces $[\Phi_k]$ sont égales à leurs valeurs moyennes $[\overline{\Phi}_k]$.

Cela donne d'abord, par Φ_1, les deux équations

$$(H_0, F_0)_{x,y}+F_1=[F_1], \qquad [F_1]=[\overline{F}_1] \qquad \text{(en variables } x', y'\text{)}.$$

La première détermine, par identification, $H_0-[H_0]$; la seconde est une identité, en vertu du choix des variables x', y' (n° 2). On a, d'une manière

générale,

$$(H_k, F_0)_{x,y} + D_{k+1} = [D_{k+1}], \qquad [D_{k+1}] = [\overline{D}_{k+1}] \qquad \text{(en variables } x', y'\text{)}.$$

La première déterminera $H_k - [H_k]$, quand $H_0, \ldots, H_{k-1}$ seront calculés. La seconde, où la valeur moyenne $[H_{k-1}]$ n'intervient que par le terme $(k+1)(H_{k-1}, F_1)$, prend la forme $([H_{k-1}], R)_{u',v'} + \Delta_{k+1} = \overline{\Delta}_{k+1}$, où Δ_{k+1} ne dépend que de $H_0, \ldots, H_{k-2}$ et $H_{k-1} - [H_{k-1}]$. Elle permet, dès que ces fonctions sont connues, de calculer $[H_{k-1}]$, en le développant en parties homogènes, relativement aux u', v', et en suivant une marche analogue à celle du n° 2.

Ici encore, on peut s'imposer la condition $(C, H) = 0$, de sorte que la transformation (T) conservera sa forme à l'intégrale des aires C.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les combinaisons du sulfate acide de zirconyle avec quelques sulfates alcalins* ($Na - NH^4$). Note [1] de M. **Ed. Chauvenet** et de Mlle **H. Gueylard**, présentée par M. A. Haller.

Nous avons recherché si le sulfate acide de zirconyle se combine avec certains sulfates alcalins ($K - Na - NH^4$). D'une part, des mesures de chaleurs de mélanges et de cryoscopie nous ont fait connaître l'existence de sulfates doubles en dissolution concentrée; des mesures thermochimiques nous ont permis d'autre part : 1° de retrouver à l'état solide les composés signalés par les méthodes précédentes; 2° de trouver des combinaisons dont l'existence en dissolution est incertaine.

Nous avons fait des mélanges très variés des deux dissolutions équimoléculaires concentrées de $\left[Zr\langle^{O}_{SO^4}, SO^3\right]$ et de SO^4M^2, de manière qu'un même volume v contienne x molécules de $\left[Zr\langle^{O}_{SO^4}, SO^3\right]$ et $1 - x$ molécules de SO^4M^2. Si certaines conditions sont satisfaites [2] : obtention de la réaction d'équilibre

$$m\left[Zr\langle^{O}_{SO^4}, SO^3\right] + n\,SO^4M^2 \rightleftharpoons \left[Zr\langle^{O}_{SO^4}, SO^3\right]^m, \ [SO^4M^2]^n;$$

si la réaction obéit à la loi d'action de masses; si enfin le solvant n'exerce

---

(1) Séance du 8 juillet 1918.

(2) G. Urbain, Ed. Chauvenet et P. Job, *Société de Chimie-Physique*, 1913. — G. Urbain et Cornec, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1119.

aucune influence sur les différents corps en présence, la concentration c du composé $\left[Zr\begin{smallmatrix}O\\SO^4\end{smallmatrix}, SO^3\right]^m$, $[SO^4M^2]^n$ passera par un maximum pour le mélange tel que $\frac{x}{1-x} = \frac{m}{n}$ (¹). Si donc on construit la courbe des variations de c avec x, la position du maximum donnera l'ordre de la réaction.

Système (Zr — Na). *Titre des dissolutions* $= \frac{2N}{5}$. $v = 200$.

Mesures thermochimiques.			*Mesures cryoscopiques.*		
q.	Zr.	Na.	Δ.	Zr.	Na.
— 31 cal	270	30	—1,97°	270	30
— 50	250	50	—1,96	250	50
— 75	225	75	—1,93	200	100
— 96	200	100	—1,90	150	150
—112	165	135	—1,88	120	180
—116	150	150	—1,85	100	200
—124	120	180	—1,81	75	225
—112	100	200	—1,74	30	270
— 96	85	215			
— 75	50	250			
— 53	30	270			

Système (Zr — NH^4).

q.	Zr.	NH^4.	Δ.	Zr.	NH^4.
— 25 cal	270	30	—1,91°	270	30
— 53	225	75	—1,88	250	50
— 68	200	100	—1,83	200	100
— 81	180	120	—1,78	150	150
—100	150	150	—1,80	100	200
— 84	120	180	—1,82	50	250
— 77	100	200	—1,83	30	270
— 58	60	240			
— 43	30	270			

L'examen des graphiques construits avec ces données signale pour chacun des deux systèmes la présence d'un seul point anguleux correspon-

(¹) Ces recherches sont une application de la méthode signalée en 1913; un Mémoire d'ensemble sera publié ultérieurement par MM. G. Urbain, Ed. Chauvenet et P. Job.

dant à la composition $2\left[Zr\langle^{O}_{SO^4}.SO^3\right], 3SO^4Na^2$ pour l'un et à la composition $\left[Zr\langle^{O}_{SO^4}.SO^3\right], SO^4(NH^4)^2$ pour l'autre.

La formation d'un précipité (sur la nature duquel nous reviendrons prochainement) nous a empêchés de faire des mesures avec le système (Zr — K).

Nous avons déterminé en outre la densité, l'indice de réfraction et la conductibilité électrique de nos mélanges; ces grandeurs varient presque linéairement en fonction de la composition (1).

Nous avons mesuré enfin la chaleur de fixation de n molécules du sulfate alcalin solide sur 1^{mol} de $\left[Zr\langle^{O}_{SO^4}.SO^3\right]$ solide et anhydre :

Système (Zr — Na).

mol		Cal
0,25	dégage	11,5
0,37	»	13,15
0,5	»	16
0,66	»	19,5
1	»	20,5
1,25	»	21,4
1,50	»	22,5
2	»	22,5
2,50	»	22,5

Système ($Zr — NH^4$).

mol		Cal
0,25	dégage	12
0,5	»	15,25
0,75	»	18
1	»	20,5
1,25	»	21,75
1,50	»	22,5
1,75	»	23,7
2	»	24,7
2,25	»	24,7
2,50	»	24,7

Chacune des deux courbes indique l'existence des combinaisons sui-

(1) Dans un Mémoire plus détaillé, nous indiquerons l'ensemble de nos mesures; nous décrirons aussi les combinaisons que nous avons obtenues et que nous signalons seulement dans cette Note.

vantes

$$2\left[Zr\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown SO^4\end{smallmatrix}.SO^3\right], 3SO^4Na^2 \quad \text{et} \quad 3\left[Zr\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown SO^4\end{smallmatrix}.SO^3\right], 2SO^4Na^2,$$

$$Zr\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown SO^4\end{smallmatrix}.SO^3, SO^4(NH^4)^2 \quad \text{et} \quad Zr\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown SO^4\end{smallmatrix}.SO^3, 2SO^4(NH^4)^2.$$

A ces dérivés anhydres correspondent les hydrates suivants stables à l'air et à la température ordinaire :

$$2\left[Zr\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown SO^4\end{smallmatrix}.SO^3\right], 3SO^4Na^2, 8H^2O \quad \text{et} \quad 3\left[Zr\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown SO^4\end{smallmatrix}.SO^3\right], 2SO^4Na^2, 7H^2O,$$

$$Zr\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown SO^4\end{smallmatrix}.SO^4(NH^4)^2, 3H^2O \quad \text{et} \quad Zr\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown SO^4\end{smallmatrix}.SO^3, 2SO^4(NH^4)^2, 3H^2O.$$

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouvelle méthode de destruction rapide des matières organiques.* Note de M. **Paul Duret**, présentée par M. Charles Richet.

Cette méthode est basée sur la production à l'état naissant d'oxygène fortement ozonisé, au moyen de persulfate d'ammoniaque en milieu acide.

Il est difficile d'affirmer exactement par quel processus a lieu l'oxydation des matières organiques, en raison de la très grande complexité des réactions qui s'opèrent au contact des diverses substances en présence. Sans doute y a-t-il d'abord mise en liberté d'acide persulfurique, qui, très instable, peut se décomposer en acide sulfurique avec mise en liberté d'oxygène ozonisé, ou s'hydrolyser en donnant naissance à de l'acide monopersulfurique (acide de Caro), qui, en présence de l'eau et de la chaleur, peut produire de l'acide sulfurique et de l'oxygène ozonisé. Quoi qu'il en soit cette production, à l'état naissant, d'oxygène fortement ozonisé a pour effet la combustion rapide et totale de la matière organique en contact.

Voici le mode opératoire :

Dans un ballon en verre d'une capacité au moins cinq fois supérieure au volume occupé par la substance immergée dans quantité suffisante d'eau distillée contenant 10 pour 100 d'acide sulfurique pur, on ajoute 10g à 20g de persulfate d'ammoniaque cristallisé, on mélange le tout et l'on chauffe au brûleur Bunsen.

Quand le liquide approche de son point d'ébullition, une mousse assez abondante se produit, qui s'affaisse rapidement et fait place à un dégagement gazeux régulier.

Dans le cas où cette effervescence deviendrait trop grande et menacerait de déborder du ballon, ralentir ou même enlever le feu pendant quelques minutes, puis porter de nouveau le liquide à l'ébullition. Lorsque le dégagement gazeux diminue, retirer

le ballon du feu et ajouter à nouveau 10g à 20g environ de persulfate, remettre sur le feu et répéter cette addition, dans les mêmes conditions que précédemment, tant que le liquide tend à brunir. Finalement, quand le dégagement gazeux a cessé et que le résidu reste incolore, retirer le feu dès que des vapeurs blanchâtres d'acide sulfurique apparaissent à la surface du liquide. Après refroidissement ajouter avec précaution de l'eau distillée pour dissoudre la masse cristalline formée, et rechercher dans cette solution métaux ou métalloïdes (arsenic, antimoine).

Cette méthode, absolument générale, permet d'arriver aisément à la disparition totale de toute trace de matières organiques contenues dans les urines, les cheveux, les poils et s'applique parfaitement à la destruction de corps réputés difficiles à attaquer tels que les sucres, les corps gras, la glycérine et les produits cacodyliques.

Nous avons appliqué ce procédé spécialement à la recherche de l'arsenic et du mercure dans les urines. Pour cela 100^{cm^3} d'urine, contenant 10^{cm^3} d'acide sulfurique pur et 10g de persulfate d'ammoniaque cristallisé, sont portés à l'ébullition, puis additionnés successivement de persulfate, comme il est indiqué précédemment, jusqu'à ce que le liquide ne brunisse plus, soit 25g à 50g de persulfate suivant les urines, ce qui demande une demi-heure. Pratiquement il n'est même pas nécessaire de pousser l'évaporation jusqu'à ce qu'il se produise des fumées blanches d'acide sulfurique : il nous a suffi d'ajouter rapidement et successivement, par fractions, 50g de persulfate dans cette prise d'essai, et de prolonger l'ébullition jusqu'à cessation de dégagements gazeux, pour obtenir la destruction des matières organiques, ce qui demande un quart d'heure environ.

Cette méthode nous paraît avoir les avantages :

1° D'une manipulation facile et simple, ne nécessitant aucun appareil spécial (pas de dégagement de vapeurs nitreuses ou chlorées, l'odeur ozonée étant peu gênante);

2° D'une exécution rapide et sûre, la matière organique étant complètement oxydée sans crainte de pertes de substances par projections comme lors des calcinations.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Anthocyane et échanges gazeux respiratoires des feuilles.* Note [1] de M. G. NICOLAS, présentée par M. G. Bonnier.

La relation admise à la suite de nombreuses observations entre la pigmentation et les phénomènes d'oxydation chez les végétaux n'a pas été suf-

[1] Séance du 8 juillet 1918.

fisamment précisée par des recherches directes sur la respiration. Ainsi, *l'intensité respiratoire* serait généralement plus faible chez les feuilles rouges que chez les vertes [Jönsson ([1]), Combes ([2]), Plester ([3])], sauf dans le cas des feuilles attaquées par des champignons, où elle est plus élevée (Combes : *Rumex crispus* et *Œnothera Lamarckiana*) ; quant au *quotient respiratoire*, seules les recherches de Combes ont montré qu'il était indépendant de la pigmentation, excepté dans le *Spiræa prunifolia* et le *Mahonia aquifolium*, où il diminue à la suite de la formation du pigment rouge.

J'ai cherché à préciser cette relation par l'étude de la respiration comparée : 1° de feuilles vertes et de feuilles rougissant accidentellement (éclairement trop vif, abaissement de température, action de champignons, *Amygdalus* parasité par le *Taphrina deformans*) ; 2° de feuilles qui, rouges dans leur jeune âge, verdissent en vieillissant (*Rosa*, *Cassine*) ; 3° de feuilles vertes et de feuilles normalement rouges de la même espèce (*Prunus cerasifera* et var. *Pissardi*).

Voici les résultats obtenus à l'aide de la méthode de l'atmosphère confinée; les intensités respiratoires sont évaluées par les volumes d'anhydride carbonique dégagé et d'oxygène absorbé par 1g de feuilles pendant 1 heure (CO^2 gr.h., O gr.h.).

	Feuilles vertes.			Feuilles rouges.		
	CO^2 gr.h.	O gr.h.	$\frac{CO^2}{O^2}$.	CO^2 gr.h.	O gr.h.	$\frac{CO^2}{O^2}$.
Viburnum Tinus	0,0535	0,0647	0,82	0,0525	0,0788	0,66
Acokanthera spectabilis...	0,0649	0,0686	0,94	0,0761	0,1072	0,71
Salvia Grahami..........	0,1892	0,2160	0,88	0,2502	0,2949	0,84
Photinia glabra..........	0,0660	0,0730	0,90	0,1016	0,1312	0,77
Raphiolepis ovata	0,0392	0,0388	1,01	0,0549	0,0675	0,81
Rosa	0,2332	0,2486	0,93	0,3050	0,3336	0,91
Amygdalus communis.....	0,2871	0,2798	1,02	0,2951	0,3717	0,79
Eugenia Micheli..........	0,0803	0,0982	0,81	0,1056	0,1326	0,79
Cassine Mauroceina......	0,3299	0,3427	0,96	0,4265	0,5193	0,89
Prunus cerasifera........	0,2610	0,3240	0,80	0,1734	0,2449	0,70

([1]) *Recherches sur la respiration et l'assimilation des Muscinées* (*Comptes rendus*, t. 119, 1894, p. 440-443).

([2]) *Les échanges gazeux des feuilles pendant la formation et la destruction des pigments anthocyaniques* (*Rev. gén. de Bot.*, t. 22, 1910).

([3]) *Kohlensäureassimilation und Atmung bei Varietäten derselben Art, die sich durch ihre Blattfärbung unterscheiden* (*Beit. zur Biologie der Pflanzen*, t. 11, 1912).

Les résultats rapportés, non plus au poids frais, mais à la surface des feuilles, sont de même ordre que les précédents et permettent de formuler les conclusions suivantes :

1° INTENSITÉ RESPIRATOIRE. — Deux cas : *a. Les feuilles qui rougissent accidentellement, ou qui, rouges étant jeunes, verdissent en vieillissant, ont une intensité respiratoire plus élevée que les feuilles vertes des mêmes espèces, notamment en ce qui concerne l'oxygène absorbé*; — *b. Les feuilles normalement rouges ont une intensité respiratoire plus faible que les mêmes feuilles vertes.*

On sait depuis longtemps que la formation des acides organiques, véritable « réservoir d'oxygène combiné », suivant l'expression de Maquenne, se traduit par une fixation d'oxygène et une diminution de $\frac{CO^2}{O^2}$, et que ce dernier coefficient varie en raison inverse de l'acidification; or, c'est précisément ce que j'ai observé chez les feuilles rougissant, qui, fabriquant de plus grandes quantités d'acides que les feuilles vertes, fixent plus d'oxygène et ont un quotient respiratoire moins élevé. Il semble donc bien y avoir chez les feuilles une *corrélation entre la formation des acides organiques et le développement de l'anthocyane, et c'est vraisemblablement dans la production de ces acides, accompagnée de l'apparition du pigment rouge, que réside la relation observée depuis longtemps entre les oxydations et la pigmentation.*

2° QUOTIENT RESPIRATOIRE. — *D'une manière générale, le quotient respiratoire est moins élevé chez les feuilles rouges que chez les vertes.*

La première conclusion n'a rien qui doive surprendre, car nous savons que le rougissement est accompagné d'une accumulation de composés hydrocarbonés solubles, substances éminemment combustibles; pour les feuilles qui perdent leur coloration rouge, en vieillissant, il y a lieu de faire intervenir aussi, tout au moins partiellement, l'influence de l'âge. Pour les variétés à feuillage normalement rouge par suite de la plus petite quantité de chlorophylle (chloroplastes moins nombreux et surtout moins verts), la synthèse des hydrocarbones, combustibles respiratoires, est moins active et la respiration, par suite, moins intense.

Les résultats relatifs au quotient respiratoire indiquent que les feuilles dans lesquelles s'est développée l'anthocyane fixent plus d'oxygène que les feuilles vertes. Venant s'ajouter à d'autres observations sur la nécessité de l'oxygène pour le rougissement et sur l'abondance des oxydases dans les tissus où se produit l'anthocyane, ces résultats tendraient à confirmer

l'hypothèse admise pendant longtemps, d'après laquelle la pigmentation serait une oxydation, si des recherches récentes n'avaient bien établi que ce phénomène est une réduction.

Il existe donc bien une relation entre la formation de l'anthocyane et l'oxydation respiratoire, mais cette relation est indirecte. L'oxygène qui est fixé pendant le rougissement ne se porte pas sur les générateurs des anthocyanes, qui résultent, au contraire, d'une action réductrice, mais sur d'autres substances, hydrates de carbone sans doute, pour donner des *acides organiques*. Ceux-ci, en effet, sont plus abondants dans les feuilles rouges que dans les feuilles vertes, comme en témoigne l'acidité relative, exprimée en milligrammes d'acide acétique, par gramme de poids frais de feuilles :

	Feuilles vertes.	Feuilles rouges.
Raphiolepis ovata	2,88	6,48
Photinia glabra	5,85	6,66
Acokanthera spectabilis	8,21	11,11
Prunus cerasifera et var. *Pissardi*	6,60	10,80

HISTOLOGIE. — *Sur l'évolution fonctionnelle de certains éléments conjonctifs.* Note de M. F. Ladreyt, présentée par M. Edmond Perrier.

J'ai signalé, dans le conjonctif intestinal du Siponcle (*S. nudus*) une sorte de pannicule graisseux sous-péritonéal constitué par des cellules de réserve dont le cytoplasme présente des inclusions d'une graisse particulière à base d'acide phocénique. Ces éléments, globuleux ou piriformes, se colorent d'une façon très intense par les couleurs basiques d'aniline et prennent, avec le violet de méthyle, une teinte rouge métachromatique très caractéristique. Le plus généralement, les cellules de réserve évoluent sur place et dans leur forme primitive : c'est ainsi qu'après une période de mise en charge caractérisée par la différenciation et l'accumulation de graisse, elles excrètent la matière élaborée au fur et à mesure des besoins de l'organisme (période d'expulsion). Chez les animaux inanitiés ou ceux dont le liquide cœlomique est envahi par les éléments reproducteurs, le pannicule graisseux présente un processus évolutif qui diffère sensiblement de l'évolution *normale* que nous avons schématisée.

Dans une première phase, il se produit une sorte de clivage entre les cellules de réserve; plus tard ces éléments poussent des prolongements

amiboïdes et gagnent progressivement le cœlome : à ce stade ce sont de véritables labrocytes. Cette migration est d'autant plus facile à suivre que ces éléments sont très différents des excrétophores dont le contenu verdâtre et finement granuleux ne répond ni à la morphologie ni aux réactions des labrocytes; ce ne sont pas davantage des corps muriformes diapédisés du cœlome. Ces formations, très rarement amiboïdes, évoluent dans la cavité générale; de plus nos labrocytes ne présentent jamais, dans le conjonctif intestinal, l'aspect œdémateux des amibocytes de réserve en voie de régression, faciès caractéristique de ces formations pendant la période d'expulsion de leur contenu.

D'autre part, dans le pannicule adipeux sous-péritonéal, les labrocytes se révèlent, sur le vivant, comme des éléments très actifs que nous ne pouvons pas confondre avec des cellules de réserve en voie de dégénérescence; du reste nous avons pu suivre toutes les phases de la migration de ces éléments depuis leur mobilisation jusqu'à leur passage dans le cœlome : la diapédèse se fait toujours du côté du péritoine et jamais vers l'épithélium intestinal ou la cavité digestive. Dans le cœlome, le labrocyte se transforme en une sorte de vésicule adipeuse plus ou moins réfringente et très homogène par la fusion progressive des inclusions graisseuses ; le plus souvent, à l'un des pôles de ces formations, un noyau plus ou moins pauvre en caryoplasme présente des signes caractéristiques de dégénérescence pycnotique.

Une question se pose : comment la graisse de réserve des labrocytes parvient-elle dans le liquide cœlomique ? Nous croyons pouvoir affirmer les faits suivants. La paroi de ces formations se résorbe partiellement, devient de plus en plus mince et finit par disparaître dans le milieu ambiant où nous retrouvons la graisse, ainsi libérée, sous forme de fines gouttelettes en suspension dans le sérum. Cette matière répond aux mêmes réactions que la graisse des cellules fixes, du conjonctif intestinal : comme dans ces éléments, elle est caractérisée par une acidité très franche, une grande solubilité dans l'alcool absolu, une teneur plus ou moins grande en cholestérine, etc.

Conclusions. — A. Labrocytes et cellules de réserve du conjonctif intestinal ne sont autres choses que les formes âgées d'un même élément histologique, la *cellule conjonctive*, qui s'est différenciée spécifiquement par simple vieillissement ontogénétique. — B. Ces formations peuvent : 1° évoluer sur place et dans leur forme primitive (pannicule graisseux sous-péritonéal) ; 2° se transformer en cellules migratrices et gagner le cœlome.

Le premier cas, le plus général, peut être considéré comme l'évolution *normale* des éléments panniculaires; le deuxième réalise une évolution *spéciale* déterminée par des conditions biologiques particulières (inanition de l'animal, développement des éléments reproducteurs dans le liquide cœlomique). — C. Les labrocytes sont homologables, fonctionnellement tout au moins, aux formations vitellogènes ou aux vésicules adipo-sphérulaires de certains Invertébrés.

MÉDECINE. — *Nouveau moyen de pronostic de la tuberculose pulmonaire.* Note (¹) de M. Casimir Cépède, présentée par M. Edmond Perrier.

Grâce à la collaboration de plus en plus intime qui s'établit entre le laboratoire et la clinique dans la pratique médicale, les données hématologiques, et en particulier les variations cytologiques du sang, acquièrent une importance chaque jour plus grande dans l'étude scientifique de la tuberculose pulmonaire.

La figure neutrophile sanguine d'Arneth apporte au diagnostic et surtout au pronostic de cette maladie une base intéressante. E. Brissaud (²) a souligné son importance et, dans un travail plus récent (1913) en collaboration avec F. Arloing (³), a mis en lumière sa signification pronostique. Ces deux auteurs ont précisé la difficulté rencontrée par le praticien qui voudrait trouver dans la figure d'Arneth résultant d'un examen unique la base d'un diagnostic bacillaire. Certains malades du premier stade, disent-ils, présentent une formule sanguine plus déviée vers la gauche (c'est-à-dire où les groupes à 1 et 2 noyaux prédominent sur ceux à 3, 4 et 5 noyaux) que celle rencontrée chez d'autres sujets arrivés à la deuxième ou même à la troisième période. »

L'observation en série d'un même malade au cours de sa tuberculose est seule instructive pour le phtisiologue.

En essayant d'introduire les variations de la formule leucocytaire neutro-

---

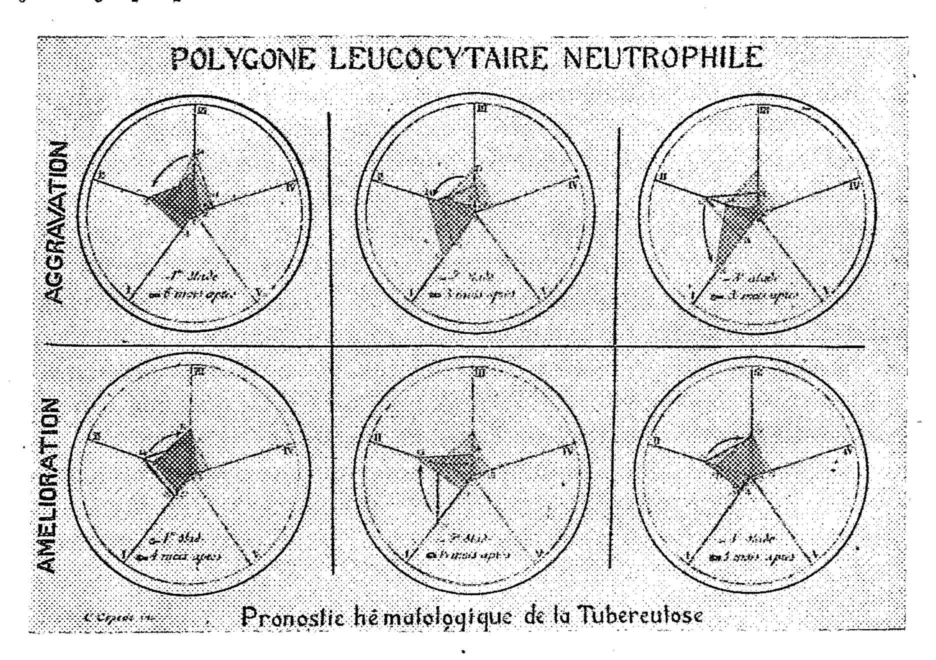
(¹) Séance du 1er juillet 1918.

(²) E. Brissaud, *Étude sur la figure neutrophile d'Arneth dans la tuberculose pulmonaire*. Thèse de Lyon, 1912.

(³) F. Arloing et E. Brissaud, *Interprétation clinique de la figure neutrophile sanguine d'Arneth dans la tuberculose pulmonaire et sa signification pronostique* (*Bull. Soc. Etud. scient. sur la tuberculose*, 2e série, t. 3, n° 2, avril 1913, p. 15-19).

phile dans nos moyens habituels de recherches sur la tuberculose pulmonaire, nous avons eu quelques difficultés à comparer ces tableaux de chiffres qui constituent les figures d'Arneth. De ces considérations est né le « *polygone leucocytaire neutrophile* » que nous décrivons ici.

Construction du polygone leucocytaire neutrophile. — Dans une circonférence, j'inscris un pentagone régulier dont le côté inférieur est horizontal. Je mène les rayons aux sommets. Le rayon vertical représente l'axe des leucocytes neutrophiles à 3 noyaux; de part et d'autre se placent respectivement les axes à 2 et 1, et 4 et 5 noyaux. Par cent divisions égales des rayons, je prépare la construction du polygone.



La figure normale d'Arneth est représentée par un pentagone imprimé sur chaque feuille en un grisé léger qui se fixe ainsi dans l'œil de l'observateur; les longueurs respectives des axes de ce *polygone normal* sont de gauche à droite :

I (5), II (35), III (41), IV (17), V (21).

En joignant ces points dans l'ordre des axes successifs, notre *polygone normal* est construit.

C'est à Arloing et Brissaud (1913) que nous devons la signification pronostique de la variation leucocytaire neutrophile. Aussi prendrons-nous les cas étudiés par ces auteurs pour démontrer l'intérêt pronostique de l'établissement de ce polygone. Nous représentons successivement par notre procédé les cas *d'aggravation* et les cas *d'amélioration* qu'ils ont pris pour exemples.

Conclusion. — En construisant le *polygone leucocytaire neutrophile* d'un même tuberculeux pulmonaire au cours de l'évolution de sa maladie, nous constatons, *quel que soit le degré de la tuberculose étudiée*, que :

1° *En cas d'aggravation*, notre polygone le plus récent est une figure géométrique située *à gauche du polygone normal* et des polygones du malade précédemment établis ;

2° *En cas d'amélioration*, le polygone le plus récent est situé à *droite* des polygones précédents et sa surface se rapproche de celle du polygone normal.

La figure ainsi obtenue par l'établissement des polygones successifs est une démonstration frappante de l'intérêt pronostique de l'examen en série des variations leucocytaires neutrophiles dans la tuberculose pulmonaire.

THÉRAPEUTIQUE. — *Sur un sérum préventif et curatif de la gangrène gazeuse.* Note de MM. **H. Vincent** et **G. Stodel**, présentée par M. Charles Richet.

La brève durée de l'incubation de la gangrène gazeuse, qui apparaît parfois 8 à 15 heures après le traumatisme, ainsi que l'évolution habituellement rapide de cette grave complication des plaies ne permettent pas d'espérer un résultat favorable de l'emploi des vaccins spécifiques injectés aux blessés. La gangrène gazeuse survient, en effet, avant que les anticorps fabriqués dans l'organisme aient eu le temps de se former.

On est donc conduit à emprunter au cheval ces substances protectrices ou défensives, c'est-à-dire recourir à l'immunisation passive. La sérothérapie de la gangrène gazeuse a fait l'objet de recherches dues à Weinberg et Séguin, Leclainche et Vallée, Sacquepée.

Nous croyons devoir exposer les principaux résultats donnés par l'emploi d'un nouveau sérum que nous préparons.

Le sérum provenant de nos chevaux a été préparé suivant une méthode

spéciale. Il est obtenu par l'injection aux chevaux de races bactériennes multiples provenant des principales espèces anaérobies qui déterminent le syndrome gangrène gazeuse.

Lorsqu'il s'agit de juger de la valeur pratique d'une méthode sérothérapique préventive ou curative, il est nécessaire de la soumettre à une épreuve rigoureuse, en inoculant les animaux témoins à l'aide d'une technique qui leur donne sûrement la maladie. Alors seulement il devient possible d'apprécier l'efficacité du sérum, d'après la proportion des survies observées chez les animaux qui ont reçu ce dernier.

Dans une publication antérieure ([1]) nous avons indiqué le moyen de déterminer l'apparition constante de la gangrène gazeuse. Elle consiste, après avoir inoculé le *Bacillus perfringens* dans les muscles de la cuisse du cobaye, à broyer ces muscles à l'aide d'une pince ou d'une tenaille chez l'animal anesthésié. La gangrène gazeuse survient, en moyenne 18 heures après la double action du microbe et du traumatisme.

En possession de cette technique, nous l'avons appliquée au contrôle d'un sérum que nous avons préparé contre la gangrène gazeuse. Le nombre des cobayes mis en expérience a été de 89. Témoins et cobayes soumis à la sérothérapie préventive ont été en proportion à peu près égale. Les animaux ont reçu soit le *Bacillus perfringens* seul, soit ce microbe associé à des microbes anaérobies communs dans les plaies infectées. De ces diverses bactéries, c'est le *Bacillus perfringens* qui joue de beaucoup le rôle le plus important dans l'infection gangréneuse ([2]). L'efficacité du sérum provenant de nos chevaux s'est montrée très forte, ainsi qu'il résulte des constatations ci-après. La proportion générale comparée des animaux ayant survécu après l'inoculation du *Bacillus perfringens* de race très virulente, associé ou non aux autres anaérobies qui déterminent la gangrène gazeuse, a été la suivante :

1° Chez les animaux sans sérum (43) :

Cas de G. G. : 43, soit 100 pour 100; survies : 9, soit 20,93 pour 100; morts : 34, soit 79,07 pour 100.

2° Chez les animaux ayant reçu le sérum 24 heures auparavant (46) :

([1]) H. Vincent et Stodel, *Influence du traumatisme sur la gangrène gazeuse expérimentale et sur le réveil de cette infection* (*Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 870).

([2]) Nous n'avons pas rencontré le *B. histolyticus* chez nos blessés. Le *B. fusiformis* n'est pas rare dans les plaies infectées et fétides.

Cas de G. G. : 3, soit 6,52 pour 100; survies : 44, soit 95,65 pour 100; morts : 2, soit 4,35 pour 100.

Ce tableau montre la différence considérable dans les résultats observés chez les animaux, suivant qu'ils ont été ou non protégés par le sérum. Il convient de faire ressortir qu'à la suite de l'épreuve d'inoculation si sévère à laquelle tous les animaux (témoins aussi bien que cobayes ayant reçu le sérum) ont été soumis, les cobayes non protégés par le sérum ont tous été atteints de gangrène gazeuse. Ceux qui ont survécu n'ont guéri qu'après d'énormes lésions telles que : perte de substance étendue, mortification des parois de l'abdomen, chute du membre tout entier.

L'injection simultanée de plusieurs espèces de microbes capables de déterminer le processus gangréneux (*B. perfringens*, vibr. septique, etc.) est très pathogène. Elle détermine l'infection rapide sans le secours du broyage musculaire. Parmi les expériences faites, nous citerons la suivante : cinq cobayes ayant reçu 1^{cm^3} de ce mélange sont morts en 10 à 26 heures, présentant une torpeur profonde, la tuméfaction habituelle et considérable du membre, le suintement fétide, le décollement avec épilation de la peau, l'envahissement suraigu des parois de l'abdomen par le processus gangréneux.

Au contraire, neuf cobayes ayant reçu 24 heures auparavant du sérum antigangréneux et soumis à la même inoculation n'ont présenté aucun symptôme de sphacèle ou d'infection. Après 72 heures, on broie leur membre inoculé. L'hématome traumatique local habituel s'est résorbé rapidement; aucun phénomène infectieux ne s'est produit, aucun œdème gazeux, aucun trouble général. Les animaux ont conservé leur vivacité, leur appétit et leur entière santé. Deux jours après, on a inoculé dans le foyer traumatisé une nouvelle quantité de virus mixte. Cette seconde injection n'a été suivie d'aucun phénomène morbide.

Ce sérum a été employé chez l'homme. Il a été injecté, *à titre préventif*, à des blessés présentant des lésions très graves de la cuisse ou de la fesse, avec attrition des tissus et infection des plaies par de la terre et des débris de vêtements. Ces 50 blessés ont pu être évacués après opération immédiate et sont arrivés aux hôpitaux de l'arrière sans avoir présenté de phénomènes de gangrène.

A titre curatif, on l'a injecté à 13 blessés déjà atteints de gangrène gazeuze en évolution plus ou moins avancée. Quatre de ces blessés étaient dans un état considéré comme désespéré par les chirurgiens. Les gaz avaient envahi les parois abdominales, thoracique ou lombaire, chez

deux de ces blessés qui ont guéri. Sur ces 13 on compte 12 guérisons et 1 décès. L'amélioration des symptômes locaux et généraux se manifeste d'ordinaire, très rapidement, parfois quelques heures après l'injection du sérum.

Il est donc permis d'espérer que l'on possède un moyen de protection et de traitement de la complication des plaies si redoutable et toujours fréquente que constitue la gangrène gazeuze.

A 16 heures l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 16 heures et quart.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 JUILLET 1918.

PRÉSIDENCE DE M. P. PAINLEVÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *L'Observatoire du Luxembourg.* Note de M. G. BIGOURDAN.

En 1652, Gaston d'Orléans fit observer dans son palais du Luxembourg l'éclipse de Soleil du 7-8 avril (I, 103); mais on n'y signale pas alors de local spécial consacré à l'Astronomie. C'est en 1711 seulement qu'on y trouve un véritable observatoire astronomique, constitué par la pièce ronde (1) couverte par le dôme qui surmonte la « porte royale », celle qui fait face à la rue de Tournon, et dont J.-N. Delisle (2) obtint la jouissance.

---

(1) Cette pièce est circulaire et a 8^m de diamètre intérieur sur $4^m,50$ de hauteur, comptée jusqu'à la naissance du dôme hémisphérique; elle est percée de huit ouvertures, descendant jusqu'au bas, correspondant aux côtés d'un octogone régulier, et qui sont de plein pied avec la galerie qui l'entoure extérieurement. Je dois ces dimensions et quelques autres à l'obligeance de M. Deruaz, architecte du palais. Beaucoup de gravures bien connues représentent cet observatoire et la galerie qui l'entoure.

(2) *Joseph-Nicola* DELISLE (Paris, 1688 avril 4 — † Paris, 1768 septembre 12) devint membre de l'Académie des Sciences comme élève astronome le 24 mai 1714; nommé adjoint le 8 janvier 1716 par suite de la suppression de la classe des élèves, il devint associé le 6 décembre 1719, puis pensionnaire vétéran le 11 février 1761. C'est de lui que proviennent, pour une forte proportion, les manuscrits que possède l'Observatoire de Paris. *Voir* mon INVENTAIRE... dans *Annales de l'Observatoire de Paris,* Mémoires, t. XXI.

Comme alors on n'employait guère encore d'instruments fixes, ce qu'on demandait à un observatoire c'était un horizon dégagé, un sol bien stable où souvent on était obligé d'observer en plein air, de grandes dimensions et de hautes fenêtres permettant, autant que possible, de viser les astres tout en étant à l'abri du vent.

La pièce concédée à Delisle ne remplissait guère ces conditions, car ses fenêtres sont assez basses, et son plancher, couvert de briques cuites, n'était pas solide; mais l'étroite galerie de pierre qui l'entoure à l'extérieur permettait l'installation des instruments qui exigent de la stabilité, de sorte que, un débutant surtout, devait s'estimer heureux de l'obtenir. Dans un fragment d'autobiographie, Delisle indique ainsi ses propres débuts et ceux de l'observatoire dont nous parlons (C. 2, 14) :

Aiant quitté mes études en 1705 âgé de 17 ans, je me suis appliqué par inclination aux mathématiques et principalement à l'Astronomie. La grande éclipse de Soleil qui arriva le 12 mai 1706 me fit voir la prééminence de l'Astronomie par dessus les autres parties des mathématiques; en sorte que dez ce moment je me devouai à elle et je n'étudiai les autres parties des mathématiques qu'autant qu'elles me pouvoient être utiles pour l'Astronomie. J'apris pendant les 4 années suivantes de Mr l'abbé de la Montre, de Mr Chevalier, de Mr Lieutaud et de Mr Guinée, différentes parties des mathématiques que je crus nécessaires pour l'Astronomie; enfin en 1710 je me préparai à faire des observations astronomiques et j'obtins pour cela en 1711 une permission de Monsieur le Duc d'Antin (1) de demeurer dans le dôme du Luxembourg qui est au-dessus de la grande porte du côté de la rüe de Tournon. La première observation que j'y fis fut celle de l'éclipse de Lune du 23 janvier 1712 que madame la Princesse avec plusieurs de ses petites filles vint honorer de sa présence. Cette observation fort peu exacte à cause que je n'avois pas encore les instrumens propres non plus que l'habitude d'observer; mais dans la suite j'en ai fait de plus exactes à mesure que je me suis fourni de meilleurs instrumens et que par l'expérience j'ay acquis plus d'habitude dans l'observation.

Instruments. — A ses débuts Delisle ne possédait pas de *quart de cercle*, l'instrument le plus coûteux et le plus essentiel; mais parfois Louville lui prêtait un des siens. Les *lunettes*, réduites encore à des lentilles simples montées sur des tuyaux de fer blanc, étaient plus communes, et Delisle en avait plusieurs de longueurs diverses : une de 4pi [médiocre (2)], — une

(1) Surintendant des bâtiments de la couronne. Depuis 1696 le palais du Luxembourg appartenait en pleine propriété au Roi.

(2) D'après le registre original, C. 2, 14.

de 6 à 7^{pi} (excellente), — une de 13^{pi} (bonne), — une de 24^{pi} (bonne, objectif de Le Bas), sans compter deux autres de 8 et de 20 pieds.

Il avait aussi une *pendule* à cycloïde, construite par Henri Balthazar à la fin de 1711, « à l'imitation de celle que M. Hugens a décrit dans son livre *De Horologio oscillatorio* » ; — une machine *parallactique*, — un *gnomon* avec *méridienne* ordinaire tracée sur le plancher de son observatoire, — une lunette *murale* pour vérifier la marche de la pendule : cette lunette avait au foyer un fil de fer assez gros pour être vu sans éclairage du champ.

Le plancher de son observatoire s'étant « enfoncé » au commencement de mai 1713, il rétablit sa méridienne, mais en la soutenant en l'air, pour ainsi dire, puisqu'il lui donna la forme filaire qu'il publia plus tard (*Mém. Acad.*, 1719, p. 54). Comme il n'était pas bien satisfait de ses déterminations d'heure, il réglait parfois sa pendule sur celle de Louville, qui lui prêtait aussi sa montre à secondes pour ce transport du temps.

Parfois il se plaint d'être gêné par le vent, d'être trop loin de sa pendule, ..., car évidemment il était obligé de se placer plus ou moins à l'extérieur, quand il voulait viser des astres très élevés. Cependant il laisse parfois le quart de cercle immobile assez longtemps pour y comparer le Soleil ou les planètes à quelque étoile.

Observations. — Celles qu'il fit de 1712 à 1715 sont publiées en entier (1), mais ne sont pas bien nombreuses. Outre les phénomènes accidentels (2) il observait les taches du Soleil, les occultations par la Lune, les conjonctions de planètes et d'étoiles, les éclipses des satellites de Jupiter, etc. Dès cette époque, et d'ailleurs à l'exemple de Louville, il mesure aussi les diamètres du Soleil et de la Lune, sans se désintéresser d'aucun phénomène physique, comme il le dit lui-même dans son Journal (p. 9), tels que orages, vitesse du son, pluie, etc. Souvent il lit aussi la hauteur du baromètre à midi. Alors il fit également au Luxembourg de nombreuses observations sur les franges de diffraction qui se produisent dans l'ombre géométrique des corps déliés, tels qu'une aiguille.

Ainsi qu'il résulte d'une lettre intéressante qu'il écrivait à Louville, à la

(1) De Lisle. *Mémoires pour servir à l'Histoire et au progrès de l'Astronomie, de la Géographie et de la Physique.* Saint-Pétersbourg, 1738, in-4°.

(2) Voici ceux qu'il a publiés dans *Mém. Acad.* de 1712 à 1717 : *Ecl.* ⊙ 1715 mai 3 (85); — *Occult.* ♀ 1715 juin 23 (135); — *Occult.* ♃ et sat., 1715 juill. 25 (159); — *Ecl.* ☾ 1717 sept. 20, Montmartre (299).

date du 4 octobre 1712, il avait formé le projet d'un Catalogue zodiacal par zones, en procédant à peu près comme fit La Caille 40 ans plus tard.

Coordonnées. — Il eut soin de fixer la position de son observatoire par rapport aux objets remarquables de Paris, mais il ne fut possible de se relier qu'indirectement à l'Observatoire royal, qu'il ne pouvait apercevoir du sien.

Il conclut que son observatoire est à 30^T E — $732^T.2^{pi}$ N, tandis que la Table T_2 (n° 78) donne $30^T,7$ E — 727, 8 N.

En latitude la différence est notable, mais comme le nombre de T_2 est intermédiaire entre celui de Delisle et celui de T_1, nous le préférons; de sorte que

$$\Delta\mathfrak{L} = 0' 1'',94 = 0^m 0^s,129\text{E}, \qquad \Delta\varphi = +0'45'',92, \qquad \varphi = 48°50'56'',92.$$

Delisle ne put jouir de son observatoire que jusqu'à la fin de septembre 1715, époque où il dut l'abandonner « par ordre de Madame la Duchesse de Berry (¹) ».

Après avoir erré quelque temps, il s'installa pour près de 4 ans (fin de 1716-mai 1720) à l'Hôtel de Taranne, puis à l'Observatoire royal 1721-1722, où il fit transporter ses instruments; nous avons ainsi leur description dans son MÉMOIRE DES DÉPENSES FAITES A L'OBSERVATOIRE ET DES INSTRUMENS QUE J'Y AI PORTÉS POUR MES OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES (DE L., *Corresp.*, I, 204, sans date).

De juin à septembre 1720, avant de s'installer à l'Observatoire royal, il fait au Luxembourg quelques déterminations d'heure; mais il n'y reprend activement ses observations que le 13 mars 1722 (C.2, 15 = 114, 2 et 3).

Nous le trouvons alors en possession des mêmes instruments à peu près qu'en 1711-1720 (lunettes diverses, dont une murale, — méridienne filaire, — machine parallactique, ...) auxquels se sont ajoutés une nouvelle *pendule* avec poids curseur le long de la tige pour le réglage, et un « grand » *quart de cercle* mobile à deux lunettes de 43 pouces de rayon, construit par Chapotot le fils sur les fonds de l'Académie; Delisle, en avait surveillé attentivement la construction, et ensuite il en étudia minutieusement toutes les parties, division comprise, ce qui était assez rare alors.

(¹) C'est la trop connue fille aînée du Régent, Philippe d'Orléans. Elle mourut le 21 juillet 1719, et peu après Delisle observe de nouveau au Luxembourg.

En dehors des phénomènes accidentels, les observations effectuées varient peu : hauteurs correspondantes, — diamètres et taches du Soleil, — hauteurs méridiennes du Soleil, des planètes et de quelques étoiles, — solstices, — occultations et appulses, — quelques diamètres des planètes, — éclipses des satellites de Jupiter, etc.

Les astronomes du temps se heurtent à de grandes difficultés, comme l'incertitude des réfractions; et quand ils ont laborieusement réuni, par exemple, quelques hauteurs méridiennes d'une même étoile, ils ne peuvent les combiner en une moyenne; c'est ce qui arrive à Delisle pour Sirius et pour Arcturus, qu'il observait souvent à cause de leur voisinage des tropiques, et dont les déclinaisons offraient des variations saisonnières alors inexplicables, dont il cherche la cause de tous côtés; elles tenaient sans doute à l'aberration et à la nutation, encore ignorées.

Aussi est-on frappé, en parcourant les journaux d'observation des astronomes de cette époque, du faible rendement obtenu par un labeur considérable : difficultés pour la détermination et la conservation de l'heure, difficultés tenant aux abris, qui obligent à placer les instruments plus ou moins à l'extérieur, où le vent les agite, où il éteint la lumière qu'on mettait en avant de l'objectif pour éclairer le champ, — difficultés du côté des changements de foyer des objectifs, du côté des fils ou « cheveux » des micromètres qui se détendent à l'humidité, ce qui est particulièrement gênant pour le quart de cercle, et oblige à de fréquentes et pénibles vérifications, — difficulté du côté de la machine parallactique, toujours assez grossière et qui ne maintient pas les fils dans une même position par rapport aux cercles de la sphère. Aussi Delisle préconise-t-il, pour les observations dites aujourd'hui *équatoriales*, l'emploi du quart de cercle, dans lequel on peut tenir compte de l'orientation bien connue des fils. Même il invente un planisphère spécial pour faire les réductions.

Certaines de ces difficultés étaient palliées pour ceux qui disposaient d'aides ou d'élèves, mais Delisle n'en avait point d'abord. Ils paraissent peu à peu cependant : c'est Godin, en 1722, — son frère Delisle de la Croyère et Vignon en 1723, — Ph. Buache son neveu en 1724, — puis Auvray, de Fouchy, Gourdau, Moutier, le P. Souciet; mais ces derniers se bornent à l'observation du passage du Soleil à la méridienne. Vignon et surtout de la Croyère observent plus souvent; celui-ci avait même son journal propre (C. 2, 14 = 113, 32-33) qui s'étend de 1723 mars 27 à 1725 novembre 8; il se livrait d'ailleurs aux mêmes observations que son frère.

Le Journal de J.-N. Delisle se termine aussi au 8 novembre 1725 : très peu

de jours après il partait pour la Russie avec de la Croyère et Vignon; celui-ci était ouvrier en instruments de mathématiques.

Il ne comptait que sur une absence de 3 ans et il conserva quelque temps l'observatoire du Luxembourg; mais en réalité il ne revint qu'après 22 ans, et durant cette période l'observatoire paraît être resté inutilisé. D'ailleurs en 1733 on avait décidé que le palais ne serait plus habité que par des « têtes couronnées », et l'on avait construit au second étage divers petits appartements occupés par des particuliers.

Cependant, à son retour de Russie, Delisle y observe avec Buache l'éclipse de Soleil du 5 juillet 1748 (*Mém. Acad.*, 1748, H. 101 et M. 249); et son élève Grischow [1] y fait, du 4 octobre 1747 au 16 mars 1749, une série d'observations dont nous avons le manuscrit (A.4, 2).

Delisle s'étant alors fait construire un observatoire à l'hôtel de Cluny (1748), il céda celui du Luxembourg à Lalande, son élève; toutefois il semble qu'alors La Condamine en disposa quelque temps (Lalande, *Mém. Acad.*, 1788, p. 190).

PALÉONTOLOGIE. — *Les Foraminifères sont-ils toujours unicellulaires?* Note [2] de M. **H. Douvillé**.

On a toujours admis jusqu'à présent que les Foraminifères étaient des animaux unicellulaires, n'ayant qu'un noyau, et cela malgré la complication de la coquille et le grand nombre de loges qui la constituent dans certaines espèces.

On sait que ces Protozoaires se reproduisent par fragmentation du noyau, donnant naissance à des *cellules filles*, qui par simple accroissement de volume deviennent des formes A mégasphériques. Quand les conditions sont défavorables et que l'existence de l'espèce est menacée, ces cellules filles s'enkystent, puis se divisent par caryocinèse, produisant ainsi de nouvelles cellules plus petites (*petites filles*) qui, mises en liberté par rupture du kyste, deviennent des spores libres; ceux-ci en se conjuguant deux

---

[1] *Augustin Nathanael Grischow* (Berlin, 1726 sept. 29 — † Saint Pétersbourg, 1760 juin 4), fils d'un médecin connu, dirigea quelque temps l'Observatoire de Berlin (1749-1751), puis celui de Pétersbourg.

[2] Séance du 16 juillet 1918.

à deux donnent naissance aux formes microsphériques B, plus vigoureuses et ordinairement de plus grande taille que les formes A.

Cette division par caryocinèse se retrouve à l'origine des végétaux et des animaux proprement dits (Métazoaires), mais les cellules petites filles restent associées et, en continuant à se multiplier, arrivent à constituer l'organisme entier.

Les spores des végétaux inférieurs correspondent aux cellules filles des Foraminifères et dans certains d'entre eux on constate à l'origine une double division par caryocinèse donnant naissance à quatre cellules associées. J'ai signalé dans une Note précédente [1] l'analogie frappante que présentent à ce moment les spores de *Fegatella* avec la nucléoconque des premières Orbitoïdes; d'où la conclusion que cette nucléoconque résulte également d'une double division par caryocinèse, c'est-à-dire qu'elle se compose en réalité de *quatre cellules*. Ces Foraminifères à coquille extrêmement compliquée ne seraient donc pas unicellulaires, et cette complication même serait peut-être le résultat de l'association de plusieurs cellules dans les premières phases du développement : les premières cellules résultant de la caryocinèse resteraient associées, comme dans les végétaux et les animaux proprement dits, et cette disposition serait intermédiaire entre celles qui caractérisent d'une part les Protozoaires et d'autre part les Métazoaires. Il est important de faire remarquer que cette association donne naissance ici à un type nouveau, les *Orbitoïdes,* appelé à prendre un développement considérable dans les périodes suivantes, et par suite d'une vigueur exceptionnelle.

Son évolution sera du reste plutôt régressive. A l'origine les séparations des cellules étaient planes, indiquant qu'elles étaient constituées par un même protoplasme, ayant par suite la même tension osmotique, mais bientôt trois des quatre cellules primitives s'atrophient et se fusionnent tandis que la quatrième prend une forme convexe, indice d'un protoplasme plus dense; c'est la seule, vraisemblablement, qui ait conservé son noyau. Le type est redevenu unicellulaire.

J'ai fait voir ensuite comment le passage des *Orbitoïdes* aux *Orthophragmina* a pu s'effectuer par une simple diminution de la tension osmotique du protoplasme, se traduisant par un aplatissement de la paroi antérieure des logettes; cette diminution peut résulter d'une modification du milieu extérieur, par exemple d'un abaissement de la température ambiante. La nucléoconque reste formée de deux loges inégales.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 665, *fig.* 1-4.

Un nouveau type apparaît en Amérique dans l'Éocène supérieur, avec les *Lépidocyclines;* ici la modification s'effectue en sens inverse, les logettes redeviennent convexes en avant, indiquant un protoplasme plus dense, plus vigoureux. Mais en même temps la nucléoconque est constituée par deux loges égales, séparées par une paroi plane. Il est difficile de ne pas y voir la preuve d'une division par caryocinèse, analogue à celle qui caractérise l'apparition des Orbitoïdes, mais la division est simple et donne naissance seulement à *deux cellules*. L'évolution se fait du reste comme dans les Orbitoïdes, l'une des cellules s'arrondit aux dépens de l'autre et la nucléoconque est bientôt constituée de même par deux loges inégales, l'une d'elles, probablement la seule qui ait conservé son noyau, présentant une forme plus ou moins sphérique.

Dans les deux cas que je viens d'examiner on voit que les premières phases du développement sont caractérisées par l'*association de quatre où deux cellules*, résultant d'une division par caryocinèse, et produisant une augmentation marquée de la vitalité de l'organisme. C'est comme « un coup de fouet », analogue à celui qui résulte de la fusion des deux cellules dans la conjugaison des spores et dans la reproduction normale. Cette division par caryocinèse ne peut du reste soulever aucune objection puisqu'elle se produit normalement dans les formes enkystées; seulement ici, elle ne se produit que une ou deux fois.

Ces exemples ne sont pas isolés : j'ai signalé précédemment, dans le Crétacé supérieur, à côté des premières Orbitoïdes, l'existence d'un Foraminifère curieux, *Arnaudiella Grossouvrei*, qui diffère des *Siderolites* par sa taille beaucoup plus grande et par le développement de logettes accessoires dans l'épaisseur de la lame spirale; c'est un type certainement beaucoup plus vigoureux que les *Siderolites* dont il dérive et ici nous constatons également l'existence d'un embryon formé de deux cellules égales, avec séparation plane (*fig.* 1 et 2).

Il est intéressant de retrouver la même disposition dans plusieurs espèces de *Nummulites* et en particulier dans les plus anciennes, dans celles de l'Eocène inférieur.

Wedekind (¹) avait déjà appelé l'attention sur l'existence, dans certaines espèces de *Nummulites*, d'une loge centrale double, mais il considérait ces formes comme *anormales* et comme résultant de la réunion de deux indi-

---

(¹) Staff et Wedekind, *Der oberkarbone Foraminiferen Sapropelit Spitzbergen* (*Bull. of the geol. institution of the University of Upsala*, vol. 10, 1910-1911, nos 19-20, p. 103).

vidus. Or j'ai pu m'assurer en examinant un grand nombre d'échantillons soit de *N. elegans* (*planulatus* A), soit de *N. Lamarcki* (*lævigatus* A), que cette disposition était tout à fait *normale* et qu'elle se rencontrait sur tous

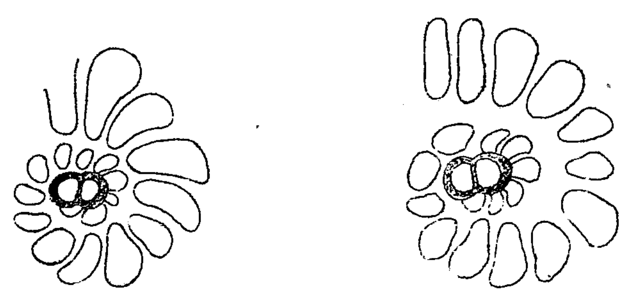


Fig. 1 et 2. — *Arnaudiella Grossouvrei* H. D., de la Craie supérieure de Redeyef (Tunisie). (Gr. 40 fois.)

les échantillons. Je persiste donc à penser qu'il faut voir là, comme dans les *Orbitoïdes*, les *Lépidocyclines* et les *Arnaudiella*, l'association de cellules résultant de la division par caryocinèse d'une cellule fille.

J'ai constaté l'existence de cette nucléoconque bicellulaire dans *N. Guettardi* (*fig.* 3 et 4) qui semble bien être la plus ancienne Nummulite

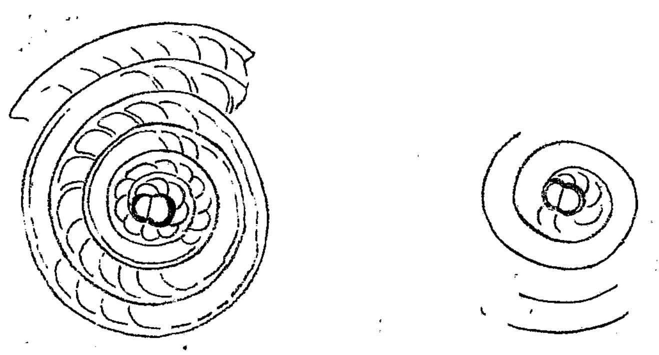


Fig. 3 et 4. — *Nummulites Guettardi* d'Archiac, de l'Éocène inférieur de Gan. (Gr. 16 fois.)

de l'Éocène, et où elle avait déjà été figurée par d'Archiac (*Monographie*, Pl. VII, fig. 18), dans *N. elegans* (*fig.* 5 et 6) (de la Harpe, Pl. VII, fig. 16; Prever, *Mém. Soc. pal. suisse*, vol. 29, Pl. V, fig. 26), dans *N. Lamarcki* (d'Archiac, *Monographie*, Pl. IV, fig. 14). Elle a été éga-

lement figurée par d'Archiac dans *N. variolarius* (Pl. IX, fig. 13) et dans *N. vascus* (Pl. IX, fig. 11).

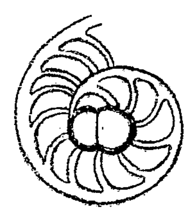
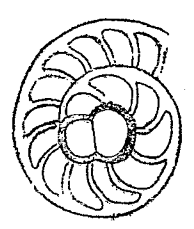



Fig. 5 et 6. — *Nummulites elegans*, de l'Éocène inférieur de Cuise. (Gr. 16 fois.)

Le point le plus important à signaler est l'existence de cette disposition dans les premières Nummulites (*N. Guettardi*) et dans les espèces qui ont colonisé le bassin de Paris, *N. elegans*, *N. Lamarcki* (*fig.* 7), *N. variolarius*.

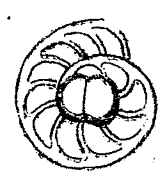


Fig. 7. — *Nummulites Lamarcki*, de l'Éocène moyen de Cahaignes. (Gr. 16 fois.)

En résumé, il semble donc bien que *certains Foraminifères sont dans les premières phases de leur développement quadri ou bicellulaires*, et cette disposition coïncide avec l'apparition de types nouveaux particulièrement remarquables par leur développement un peu exceptionnel (Orbitoïdes, Lépidocyclines, Nummulites). Elle ne persiste pas longtemps, mais présente une évolution régressive qui la ramène bientôt au type normal unicellulaire.

On peut se demander quel est le résultat immédiat de l'association des deux cellules primitives. Il est facile de voir que la première loge spirale s'appuie toujours à la fois sur les deux cellules de la nucléoconque, elle est donc formée par la fusion de leurs deux protoplasmes; cette disposition est analogue à celle que l'on observe dans les formes très évoluées, comme les Orbitolites et les Orbitoïdes, où chaque logette est également formée par la fusion des protoplasmes des deux logettes précédentes.

Nous retrouvons du reste ce mélange des protoplasmes de deux cellules

sœurs, mais ici avec fusion des noyaux, dans la conjugaison des spores, et cette disposition est certainement avantageuse pour le développement de l'individu puisque les formes microsphériques B qui en résultent sont plus vigoureuses et de plus grande taille que les formes A.

La fécondation elle-même dans les végétaux et les Métazoaires est-elle autre chose que la fusion de deux cellules, avec cette différence que ces deux cellules, qui peuvent être également des cellules sœurs, sont mâles et femelles, c'est-à-dire différentes, tandis qu'elles étaient semblables dans les cas précédents ?

Il semble qu'il y ait là une loi générale et que le mélange des protoplasmes soit dans tous les cas avantageux pour le développement de l'individu, et qu'il devienne même nécessaire dans les formes les plus évoluées.

MÉDECINE. — *Sur la sérothérapie des gangrènes gazeuses.*
Note de M. E. Leclainche.

Des Communications récentes ont appelé à nouveau l'attention sur la sérothérapie des gangrènes gazeuses. Les résultats annoncés restent en deçà de ceux qui sont acquis depuis longtemps et leur intérêt serait nul si elles n'avaient cet avantage de mettre une fois de plus en évidence ces constatations pénibles : une méthode de prévention des gangrènes reste inutilisée ; une méthode de traitement d'une efficacité démontrée est presque entièrement négligée.

Il est permis d'espérer que le simple exposé de cette très simple question hâtera les solutions encore attendues.

La gangrène gazeuse est depuis longtemps connue chez l'homme comme une complication possible des plaies et notamment des plaies de guerre. Elle est observée chez les animaux : Renault, d'Alfort, l'étudie en 1833 dans un admirable Mémoire, monument de la médecine d'observation, dont la lecture repose, aujourd'hui encore, des improvisations impressionnistes courantes. En 1881, Pasteur et Koch étudient en même temps le vibrion septique, un saprophyte partout répandu dans le milieu extérieur, doué de propriétés pathogènes redoutables. Le vibrion est reconnu, en France et en Allemagne, comme l'agent essentiel de la gangrène gazeuse. A partir de 1900 seulement, on signale des formes paravibrioniennes ou autres dans des évolutions d'ailleurs tout à fait exceptionnelles. En 1895, Besson précise les conditions et le mécanisme de l'infection septique, en

reproduisant les belles recherches de Vaillard et de ses collaborateurs, Vincent et Rouget, sur le bacille tétanique.

Dès 1898, j'ai montré qu'on obtient un sérum doué de propriétés préventives absolues, en traitant les solipèdes par les sérosités septiques. Les propriétés curatives ne sont appréciables que lors d'évolutions ralenties, telles qu'on les observe chez le cheval et chez l'homme. La conclusion suivante est formulée :

« Il devient facile d'immuniser à la fois les blessés contre le tétanos et contre la gangrène » (¹).

En 1901, avec Ch. Morel, je publiais une étude complète de la sérothérapie de la gangrène gazeuse. Les possibilités d'utilisation du sérum sont indiquées dans les termes suivants :

« Il est permis de penser que la *sérothérapie préventive* donnerait, chez les grands animaux et chez l'homme, des résultats semblables à ceux qui sont constamment obtenus chez les petits animaux contre les modes les plus sévères de l'inoculation expérimentale. Le traitement serait indiqué dans les cas de plaies contuses profondes, souillées par la terre, le fumier, la boue ou la poussière des rues, alors surtout qu'elles siègent dans les régions riches en tissu conjonctif.

» On peut prévoir que la *sérothérapie curative* serait possible, dans la plupart des cas, chez le cheval et chez l'homme ... » (²).

L'aspect de la question n'avait guère varié en 1914. On continue à considérer la gangrène gazeuse comme la maladie du vibrion septique. Le rôle des autres microbes incriminés, le *Bacillus perfringens* notamment, est encore discuté et on ne lui impute que des formes peu graves et atypiques.

Ainsi qu'il était facile de le prévoir, les blessures de guerre provoquent, dès les premières semaines de la guerre, de nombreux cas de gangrène. On peut dire, sans évoquer avec trop de précision de douloureux souvenirs, que toutes les circonstances favorisantes expérimentalement déterminées se trouvaient réalisées : plaies profondes avec attrition des tissus, souillures par la terre et le fumier, interventions chirurgicales systématiquement retardées, conditions défectueuses du transport, etc.

(¹) E. Leclainche, *Sur la sérothérapie de la gangrène gazeuse* (*Archives médicales de Toulouse*, 1898, p. 397).

(²) E. Leclainche et Ch. Morel, *La sérothérapie de la septicémie gangreneuse* (*Annales de l'Institut Pasteur*, 1901, p. 1).

Il eût été coupable de ne point rappeler au Service de Santé de l'armée une méthode de prévention et de traitement dont l'utilisation n'avait point été prévue. A la suite d'une visite au directeur du Service, en octobre 1914, à Bordeaux, il fut décidé que six chevaux seraient traités, à titre d'essai, pour l'obtention d'un sérum. Le traitement, réalisé avec la collaboration de M. Pottevin, est interrompu par le retour à Paris des administrations de l'État, et, en janvier 1915, les chevaux sont ramenés au laboratoire d'Alfort. Plusieurs observations démontrant l'intervention du *Bacillus perfringens* dans l'évolution des gangrènes, on emploie celui-ci comme antigène et un sérum mixte est produit ([1]). Peu après, M. Vallée et moi décidons de traiter par les anaérobies les chevaux utilisés pour la production du sérum contre les pyogènes, dans le but à la fois de ne pas multiplier les types de sérums et de neutraliser les formes microbiennes qui favorisent l'envahissement par les anaérobies ([2]).

Le sérum produit est expérimenté à ce moment dans les hôpitaux de Paris dans le traitement des gangrènes. Les résultats sont excellents : « Sur 41 blessés soignés dans une seule formation, 31 guérissent, malgré les délabrements énormes qu'ils présentent, malgré l'état d'infection profonde où ils se trouvaient au moment de leur entrée à l'hôpital. » Le 22 octobre 1915, le Sous-Secrétaire d'État du Service de Santé appelle l'attention du Directeur général du Service de Santé des armées sur « les excellents résultats obtenus, dans les hôpitaux de l'intérieur, par le sérum Leclainche et Vallée contre la gangrène gazeuse et les septicémies ».

Ces propriétés si impressionnantes du sérum provoquent aussi une tentative d'utilisation au titre préventif. Le 10 décembre 1915, le Sous-Secrétaire d'État recommande l'expérimentation de la méthode aux armées. Des provisions de sérum sont expédiées, en même temps que des fiches devant accompagner les traités et une Notice spéciale indiquant le mode d'emploi. Malheureusement, par défaut d'organisation, cette tentative n'est pas suivie et l'on ne recueille que des renseignements insignifiants.

Il en est de même pour toutes celles qui ont été tentées depuis.

« Nous sera-t-il permis, disait ces jours derniers le Dr Louis Bazy à la Société de Chirurgie de Paris, de signaler que la sérothérapie antigangreneuse, dont aucun essai

---

([1]) Tandis qu'aucun auteur n'avait reproduit nos recherches sur la sérothérapie contre le vibrion, l'action du sérum anti-*perfringens*, obtenu par Rosenthal en 1910, était étudiée par plusieurs savants en France, en Allemagne et en Amérique.

([2]) Leclainche et Vallée, *Sur le traitement spécifique des plaies* (*Bulletin de l'Académie de Médecine*, 23 février 1915).

systématique n'a été fait en France, est réglementaire dans l'armée allemande, au même titre que la sérothérapie antitétanique et qu'elle y a donné les meilleurs résultats, d'après les dires des médecins allemands prisonniers que nous avons pu interroger. »

Tout le monde reconnaît la nécessité d'une intervention, l'innocuité et l'efficacité de la médication et rien n'est fait en réalité. On poursuit un peu partout des études bactériologiques et expérimentales; on s'attarde, comme toujours dans notre pays, à la recherche de la solution intégrale d'un problème peut-être insoluble et l'on ne consent pas à utiliser sur l'heure, quitte à la parfaire chaque jour, une méthode qui éviterait 90 pour 100 des accidents.

Dans une note transmise au Service de Santé de l'armée le 11 mai 1915, M. Vallée et moi précisions les indications préventives du sérum antigangreneux et nous ajoutions :

« Il est possible que la médication ne supprime pas toutes les gangrènes gazeuses. En ce cas, on devra s'attacher à rechercher les agents microbiens qui n'ont pas été influencés par le sérum (formes atypiques du vibrion septique et surtout du *B. perfringens*, autres anaérobies pathogènes), à les cultiver et à les utiliser dans le traitement des producteurs pour obtenir un sérum polyvalent répondant à toutes les indications. »

Nous avons réalisé ce programme en ce qui nous concerne.

Il n'est que des avantages à multiplier les valences d'un sérum mixte; l'expérience montre que ces superpositions sont possibles; elles ne doivent avoir d'autre limite que la résistance des producteurs. Le traitement doit comporter l'emploi de tous les types microbiens pathogènes, sans rechercher si leur action est primitive ou secondaire, principale ou accessoire. Le sérum doit être à la fois antitoxique et antimicrobien. Il doit en un mot satisfaire au maximum des exigences éventuelles, même si elles doivent être reconnues superflues plus tard.

Il ne s'agit plus que d'industrialiser la production d'un sérum de type unique et d'en généraliser l'utilisation préventive et curative.

Cette entreprise doit être collective et anonyme. Il faut que tous ceux qui ont contribué à l'étude bactériologique, expérimentale ou clinique des gangrènes gazeuses apportent, sans réserves, tout ce qu'ils ont découvert ou appris.

Il faut enfin aboutir sans délai. Des vies humaines, parmi les plus précieuses, sont la rançon d'une inaction depuis trop longtemps prolongée.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section d'Astronomie, en remplacement de M. *Auwers*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 21,

M. W.W. Campbell obtient.	19 suffrages
M. Annibale Riccò »	2 »

M. **W. W. Campbell**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, en remplacement de M. *Helmert*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 20,

M. G. Lecointe obtient	19 suffrages
M. Bruce	1 suffrage

M. **Georges Lecointe**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. **Trabut**, élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance :

Correspondance de Charles Gerhardt, publiée et annotée par Marc Tiffeneau. Tome I : *Laurent et Gerhardt*.

ASTRONOMIE. — *Découverte de la comète périodique de M. Max Wolf.* Note de M. **Robert Jonckheere**, présentée par M. G. Bigourdan.

Depuis le 4 mai, la comète Wolf fut recherchée à l'aide de l'équatorial de 28 pouces de Greenwich. J'observais une zone d'un degré carré ayant chaque nuit pour centre les coordonnées calculées pour la comète par M. Kamensky. La dernière nuit sans résultat fut celle du 8 juillet.

Le 9, à $10^h 45^m$ (T.M.G.), la comète fut enfin aperçue sous l'aspect d'une petite nébulosité de 9″ de diamètre et d'un éclat estimé entre la 15e et 16e grandeur. La position de l'astre fut quelques heures plus tard télégraphiée à l'Observatoire de Paris. Cette position, déterminée un peu plus de 5 mois avant le passage au périhélie, est, en ce sens, l'observation visuelle la plus éloignée obtenue de cet astre à ses différents retours.

Le 10 juillet, la comète paraissait être de la 15e grandeur et, le 12, la légère condensation centrale me parut plus proche de la 14e grandeur.

Voici les coordonnées différentielles obtenues au grand équatorial. Je donne les observations originales; leurs réductions seront faites ultérieurement.

Dates. 1918.	Temps sidéral.	ΔÆ.	Δδ.	⋆.
	h m s	m s		
9 juillet.........	19. 4.18	—0. 1,10		1
»	19.19.26		+6′.37″,98	1
10 »	17.57.41	+0.48,30		2
»	18.20. 5		+5.27,88	2
»	18.52.13	+0.47,43		2
»	19. 3.55		+5.43,91	2
»	19.15.24	+0.46,95		2
12 »	18.47.16	—0.57,08		3
»	19. 7,23		+5. 6,81	3
»	20. 7.44	—0.59,16		3
»	20.18.23		+5.34,90	3
»	20.39.24	—0.59,95		3
»	20.58.23		+5.47,51	3

Les différences sont prises dans le sens (comète — ⋆). Les positions des étoiles de comparaison sont pour 1918,0 :

⋆.	B.D.	Æ.	Décl.
	°	h m s	° ′ ″
1................	+24.4205	20.35.10,41	+24.29.21,3
2................	+24.4194	20.33.54,66	+24.40. 0,2
3................	+24.4203	20.34.39,67	+24.59.40,2

La comète était approximativement à $+50^s$ d'ascension droite et à $+15'$ de déclinaison de la place calculée; elle se trouvait, par contre, dans une partie très dense de la voie lactée. L'erreur du calcul est beaucoup plus forte qu'aux précédents retours.

NAVIGATION. — *Les ports profonds sur nos côtes de l'Océan et de la Manche.* Note de M. J. **Renaud**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Au cours des siècles précédents, l'accroissement de tonnage des navires a eu pour conséquence la création de nouveaux établissements maritimes. Le Havre et Saint-Nazaire, par exemple, ports relativement récents, se sont développés par suite des difficultés qu'éprouvaient à remonter à Rouen ou à Nantes, les bâtiments de mer, devenus plus grands. Si, de ce fait, certains ports insuffisants ont été abandonnés, dans bien des cas les centres commerciaux nouvellement créés n'ont pas fait disparaître les anciens. Les ports de Rouen et de Nantes, notamment, sont très prospères. Les places maritimes situées sur les rives d'un même fleuve forment le plus souvent un ensemble d'organes qui se complètent en remplissant des fonctions distinctes.

Depuis quelques années, les dimensions des navires de guerre et de commerce se sont accrues dans des proportions imprévues. Il faut dès lors envisager des installations qui puissent donner aux bâtiments de fort tonnage toutes facilités pour leurs opérations. La question s'est déjà posée en France au cours de la guerre actuelle; il importe de la résoudre pour être en mesure de tirer parti des avantages que doit procurer à notre pays sa situation nautique privilégiée.

Un port profond est un port capable de recevoir les plus grands navires en service, ou ceux qui seront construits dans un délai de 25 à 30 ans. En tenant compte des dimensions toujours croissantes des paquebots, et aussi des ouvrages récemment exécutés à l'étranger, on arrive à cette conclusion qu'un port d'escale pour grands bâtiments doit avoir une passe d'accès et offrir un abri avec des profondeurs d'au moins 12^m d'eau à mer basse.

Si l'on étudie, à ce point de vue, le régime hydrographique des côtes nord et ouest de la France, on constate combien sont rares les parties du littoral qui remplissent cette condition. Seuls trois emplacements, à notre avis, pourraient être facilement aménagés en vue de satisfaire à ces besoins nouveaux.

Tout d'abord, la rade de Brest peut recevoir des navires, quelle que soit l'augmentation future de leur tonnage. Ses profondeurs se maintiennent à peu près sans changement, car les deux rivières qui s'y déversent n'y amènent aucun apport et les falaises granitiques qui bordent ses côtes ne subissent pas d'érosion sensible. De plus, il est facile d'y créer des installations appropriées. On trouve donc à Brest des conditions très favorables. Nous avons fait quelques réserves sur les difficultés que présente, en temps de brume, l'atterrissage de ses abords ([1]). En l'état actuel du balisage, il est nécessaire de naviguer, dans ces parages, avec beaucoup de prudence. Toutefois, grâce à ses conditions hydrographiques, Brest permet de résoudre avantageusement, pour notre pays, le problème que pose l'accroissement continu des dimensions des bâtiments de mer.

En second lieu, la rade de la Pallice, envisagée au même point de vue, possède une situation exceptionnelle. Ses profondeurs naturelles et celles de ses accès sont suffisantes pour les plus grands navires; elles sont entretenues par un jeu de courants alternatifs résultant de ce fait que la marée se propage plus lentement dans le Pertuis Breton que dans le Pertuis d'Antioche. Grâce à cette disposition, il s'est formé, entre l'île de Ré et le continent, une fosse profonde bien abritée, qu'il est facile de transformer d'abord en une rade-abri, puis en un port répondant aux besoins à prévoir pour un avenir rapproché. Nulle part ailleurs, sur nos côtes, on ne trouve un emplacement réunissant des conditions plus avantageuses au point de vue nautique.

Enfin, la rade de Cherbourg constitue un abri avec des profondeurs de 12^{m} à mer basse. Placée près de la route suivie par les paquebots qui, des mers septentrionales, se rendent à l'océan Atlantique, elle est tout indiquée pour servir de point d'escale, comme elle le faisait avant la guerre.

En dehors de ces trois ports, il existe d'autres abris offrant de grandes profondeurs; telles sont, notamment, la rade de Cancale, l'entrée de la rivière de Pontrieux (près de l'île de Bréhat), la fosse à l'est du Port-Haliguen dans la baie de Quiberon, l'entrée de la rivière d'Auray dans le Morbihan, enfin la rade du Croisic. Mais ces emplacements, intéressants à certains égards, présentent de sérieux inconvénients, soit par leur situation géographique, soit par leurs conditions nautiques, soit enfin à cause des dépenses que nécessiterait leur aménagement.

([1]) Voir *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 913.

En résumé, les rades de la Pallice, de Brest et de Cherbourg sont les points de nos côtes de l'Océan et de la Manche où il est le plus facile de créer des ports profonds. Il conviendra de tenir compte de cette considération lorsqu'on étudiera le programme des travaux à exécuter pour doter notre pays de l'outillage nécessaire à son développement économique.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un cas particulier de répartition du courant entre bobines de transformateur couplées en parallèle.* Note [1] de M. PAUL GIRAULT, transmise par M. André Blondel.

Lorsque les enroulements d'un transformateur monophasé sont rassemblés en deux paquets distincts, primaire et secondaire, le long du noyau, et que les bobines de l'un ou l'autre paquet sont réunies en parallèle, les intensités de courant dans ces bobines sont différentes. L'intensité dans une bobine est d'autant plus grande qu'elle est plus proche de l'autre enroulement.

Nous supposerons que les bobines en parallèle sont des galettes infiniment minces (afin de négliger les effets d'impédance intérieure) et équidistantes. Nous les numérotons 1, 2, 3, ..., m, à partir de la culasse adjacente. Nous négligeons la réluctance du noyau et désignons par p la perméance du circuit de fuite passant entre deux bobines, par r et n la résistance et le nombre de spires d'une bobine.

Soient en outre :

$i_1, i_2, \ldots, i_m$ les courants dans les bobines 1, 2, ..., m;
$\Phi_1, \Phi_2, \ldots, \Phi_m$ les flux *totaux* traversant ces bobines;
$\varphi_{1,2}, \ldots, \varphi_{m-1,m}$ les flux de fuite entre 1 et 2, et entre $m-1$ et m.

Nous avons successivement :

$$ri_1 + n\frac{d\Phi_1}{dt} = ri_2 + n\frac{d\Phi_2}{dt} = \ldots = ri_m + n\frac{d\Phi_m}{dt}; \tag{1}$$

$$\left\{\begin{array}{l} \Phi_2 = \Phi_1 \pm \varphi_{12}, \\ \Phi_3 = \Phi_2 \pm \varphi_{23}, \\ \Phi_m = \Phi_{m-1} \pm \varphi_{m-1,m} \end{array}\right. \tag{2}$$

(1) Séance du 16 juillet 1918.

et

$$(3)\quad \left\{\begin{array}{l} \varphi_{12} \quad = \mp 4\pi n p i_1, \\ \varphi_{23} \quad = \mp 4\pi n p (i_1 + i_2), \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \varphi_{m-1,m} = \mp 4\pi n p (i_1 + i_2 + \ldots + i_{m-1}). \end{array}\right.$$

Le double signe correspond à primaire ou secondaire. Nous en déduisons :

$$(4)\quad \left\{\begin{array}{l} i_2 = i_1 \qquad\qquad + \dfrac{4\pi n^2 p}{r} \dfrac{di_1}{dt}, \\ i_3 = 2 i_2 \quad - i_1 \quad + \dfrac{4\pi n^2 p}{r} \dfrac{di_2}{dt}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ i_m = 2 i_{m-1} - i_{m-2} + \dfrac{4\pi n^2 p}{r} \dfrac{di_{m-1}}{dt}, \end{array}\right.$$

système d'équations identique à celui donnant la répartition du courant alternatif dans un mur conducteur. Il y a donc analogie complète avec le *skin effect*.

Partant du vecteur i_1, le système (4) permet de tracer successivement les vecteurs $i_2, i_3, \ldots, i_m$. On voit ainsi que les courants se déphasent et vont toujours en croissant; l'effet est d'autant plus accentué que $\frac{p\omega}{r}$ est plus grand $\left(\text{la pulsation } \omega \text{ provient de } \frac{di}{dt}\right)$.

La répartition étant indépendante de la tension aux bornes, l'essai de court-circuit permet de mesurer cette répartition pour toutes charges.

L'inégalité de répartition, cause de pertes exagérées dans le cuivre, disparaît dans un transformateur ou un élément de transformateur présentant un plan de symétrie si les bobines couplées en parallèle y sont réduites à deux symétriques.

Examinons le cas d'un élément de transformateur présentant un plan de symétrie, avec $m > 2$. Soient : I la résultante des courants des bobines mises en parallèle,

$$x = \frac{4\pi n^2 p \omega}{r}, \qquad \beta = \frac{\Sigma r i^2}{\frac{r}{m} I^2}.$$

En comptant les courants à partir du plan de symétrie, on obtient :

1° Pour trois bobines en parallèle,

$$\frac{i_1}{I} = \frac{1}{\sqrt{9+x_2}}, \qquad \frac{2i_2}{I} = \sqrt{\frac{4+x^2}{9+x^2}}, \qquad \beta = \frac{3}{2}\left(\frac{6+x^2}{9+x^2}\right);$$

2° Pour quatre bobines en parallèle,

$$\frac{2i_1}{I} = \frac{1}{\sqrt{4+x^2}}, \qquad \frac{2i_2}{I} = \sqrt{\frac{1+x^2}{4+x^2}}, \qquad \beta = \frac{4+2x^2}{4+x^2};$$

3° Pour cinq bobines en parallèle,

$$\frac{i_1}{I} = \frac{1}{\sqrt{25+15x^2+x^4}}, \qquad \frac{2i_2}{I} = \sqrt{\frac{4+x^2}{25+15x^2+x^4}},$$

$$\frac{2i_3}{I} = \sqrt{\frac{4+12x^2+x^4}{25+15x^2+x^4}}, \qquad \beta = \frac{5}{2}\left[\frac{10+13x^2+x^4}{25+15x^2+x^4}\right].$$

Dans tous les cas, β tend vers $\frac{N}{2}$ quand x tend vers l'infini, N désignant le nombre de bobines en parallèle par paquet.

La mise en parallèle de bobines secondaires rassemblées en paquets se présente dans certains transformateurs pour électrométallurgie devant débiter au secondaire une très forte intensité sous une faible tension. Nous avons indiqué ci-dessus le moyen d'éviter l'inégalité de répartition.

Les électrométallurgistes demandent pour ces transformateurs toute une gamme de valeurs de la tension secondaire; ceci s'obtient par le couplage série-parallèle des bobines basse tension et aussi en munissant la haute tension de prises supplémentaires. Il peut en résulter la mise en parallèle de *portions* de bobines haute tension; s'il en est ainsi, nous avons vu que ces portions en parallèle doivent être réduites à deux par élément de transformateur; de plus, pour obtenir une symétrie parfaite de l'élément, les deux bobines correspondantes doivent être enroulées en sens inverse, les connexions étant faites en conséquence.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la fonction acide du tétroxyde d'osmium.* Note [1] de M. L. **Tschugaeff**, présentée par M. A. Haller.

On admet généralement que le tétroxyde d'osmium est dépourvu de propriétés acides. C'est ainsi que M. Vèzes, dans l'*Encyclopédie chimique* de Fremy, dit en citant un travail ancien de Claus (1863) : « *Peroxyde d'osmium* OsO^4 improprement appelé *acide osmique, acide perosmique;* en effet ce n'est point un acide... » De même dans le *Traité de Chimie minérale* de Moissan on trouve : « Le peroxyde d'osmium n'est pas un anhydride (Claus). La solution aqueuse ne rougit pas le tournesol et n'est pas un électrolyte (Bleckerode); elle ne s'unit pas aux alcalis pour donner des sels. »

Cependant les recherches que je poursuis en ce moment m'ont montré qu'on ne saurait plus soutenir cette opinion. En effet, j'ai réussi à obtenir toute une série de composés bien définis du tétroxyde d'osmium avec les alcalis fixes et notamment avec les hydroxydes de potassium, de rubidium et de cæsium. La composition de ces corps est représentée par les formules brutes suivantes :

$$OsO^4.2KOH \quad OsO^4.RbOH, \quad OsO^4.CsOH, \quad 2OsO^4.CsOH.$$

Ce sont des corps nettement cristallisés, de couleur orangée ou brune, facilement solubles dans l'eau. Les solutions aqueuses sont fortement hydrolysées et se laissent titrer au moyen d'un acide minéral en se servant du méthylorange comme indicateur. Le composé $2OsO^4$, CsOH est le moins solûble de tous. Il se sépare aisément par addition d'une solution très concentrée de l'hydroxyde de cæsium à une solution saturée du tétroxyde d'osmium. On obtient ainsi facilement des cristaux assez bien développés.

On doit admettre que ces composés représentent des sels correspondant aux différents acides complexes qui se rattachent à l'anhydride OsO^4. Il est bien probable que les sels correspondant au rubidium et au cæsium dérivent de polyacides contenant plusieurs atomes d'osmium dans leur molécule. J'ai même réussi à fixer pour ainsi dire le type d'un de ces acides et notamment celui de l'acide $2OsO^4.H^2O$ en obtenant le dérivé corres-

---

[1] Séance du 16 juillet 1918.

pondant à la base complexe $[Rh.4PyCl^2]OH$ (Py = pyridine) dont les sels ont été décrits et étudiés depuis longtemps par S.-M. Jörgensen.

En mélangeant une solution alcaline du tétroxyde d'osmium avec une solution saturée à froid du chlorure $[Rh.4Py.Cl^2]Cl^1$, on obtient en effet un précipité cristallin, composé de paillettes minces, jaunes et correspondant à la formule

$$[Rh.4Py.Cl^2]OH.2OsO^4.$$

L'étude du tétroxyde d'osmium et des sels qui en dérivent est continuée dans mon laboratoire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouvel alcaloïde volatil du genêt à balai.* Note (¹) de M. **Amand Valeur**, présentée par M. Ch. Moureu.

Dans une Note antérieure (²), j'ai montré comment, des eaux mères de cristallisation du sulfate de spartéine industriel, on pouvait isoler par le carbonate de soude, outre une notable quantité de spartéine, un alcaloïde fixe, la sarothamnine. Si, après séparation de ces bases, on ajoute à la liqueur un excès de lessive de soude et qu'on épuise à l'éther, ce solvant enlève, outre une nouvelle et notable quantité de spartéine, un autre alcaloïde également volatil et lévogyre.

En effet, si l'on soumet à la distillation, sous pression réduite, le résidu de l'évaporation de l'éther, on constate que le distillat a un pouvoir rotatoire plus élevé que la spartéine; au lieu de $-2°46'$ pour $L = 0^d,5$, pouvoir rotatoire assigné par MM. Moureu et Valeur à la spartéine, on trouve de $-4°$ à $-10°$, suivant la richesse de la matière première.

De cette base brute, j'ai pu isoler un nouvel alcaloïde : la *génistéine*.

Cet isolement ne présente aucune difficulté pour les bases dont le pouvoir rotatoire atteint ou dépasse $-7°$. En effet, celles-ci, exposées à l'air humide, ne tardent pas à cristalliser partiellement; il suffit de séparer les cristaux qui constituent l'hydrate de génistéine. Quant aux produits de pouvoirs rotatoires inférieurs à $-7°$, on arrive au même résultat en les dissolvant dans la quantité calculée de HI pour transformer la base, considérée comme spartéine, en monoiodhydrate. On a soin d'opérer en

(¹) Séance du 16 juillet 1918.

(²) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 26.

milieu suffisamment étendu pour que tout le sel reste dissous. On concentre ensuite au bain-marie, sous pression réduite, en recueillant successivement les cristaux. Les premiers dépôts sont constitués par du monoiodhydrate de spartéine comme l'indique le pouvoir rotatoire en solution méthylique ($[\alpha]_D = -11^\circ$). Dès que ce pouvoir baisse à -6° on décompose la solution mère par la soude. Les bases enlevées par l'éther cristallisent alors par exposition à l'air humide, en donnant l'hydrate de génistéine.

La *génistéine* préparée par décomposition de cet hydrate est cristallisée; elle fond à 60°,5, bout à 139°,5-140°,5 (corr.) sous 5^{mm} et 177°-178° (corr.) sous 22^{mm}.

Elle répond, d'après l'analyse, à la formule $C^{16}H^{28}N^2$. Elle absorbe très aisément la vapeur d'eau, en formant un *hydrate* $C^{16}H^{28}N^2 + H^2O$ qu'on peut obtenir en cristaux volumineux. L'hydrate de génistéine a un pouvoir rotatoire de $[\alpha]_D = -52^\circ,3$, en solution dans l'alcool absolu à 4 pour 100 environ.

La génistéine se comporte comme une base monoacide à la phtaléine; elle est néanmoins biacide, car elle fournit un *picrate*

$$C^{16}H^{28}N^2 : 2\,C^6H^2(NO^2)^3OH$$

cristallisant dans l'acétone aqueuse en une poudre présentant au microscope l'aspect de feuilles de fougère et fondant à 215° en se décomposant, et un *chloroplatinate* $C^{16}H^{28}N^2, 2\,HCl, Pt\,Cl^4 + 2,5\,H^2O$ cristallisé en gros prismes, qui perd son eau de cristallisation à 110° et noircit sans fondre à 235°. Le *chloraurate* cristallise également dans l'acétone aqueuse en beaux prismes jaunes de composition $2(C^{16}H^{28}N^2, 2HCl), 3\,Au\,Cl^3$; il noircit vers 165° et fond avec abondant foisonnement à 188°.

La génistéine, base volatile et lévogyre comme la spartéine est, comme elle, stable vis-à-vis du permanganate de potassium en liqueur sulfurique étendue et froide, et ne libère point d'iodure de méthyle dans l'essai de Herzig et Meyer. Elle est donc aussi saturée et non méthylée à l'azote.

Il est remarquable que le point d'ébullition de la génistéine soit un peu moins élevé que celui de la spartéine, bien qu'elle possède CH^2 en plus.

ARCHÉOLOGIE. — *Le feu grégeois ou le « feu liquide » des Byzantins.* Note (1) de M. **Michel Stéphanidès**, présentée par M. Edmond Perrier.

Les descriptions des historiens, concernant les effets incendiaires du *feu grégeois*, nous font supposer que c'était une matière liquide (2). Les arguments suivants montrent, je crois, que la matière constituant le « feu liquide » était le *pétrole* lui-même.

I. Les Byzantins, ainsi que les anciens, appelaient le pétrole *naphtas* et ils le considéraient comme une *huile* (grasse) étrange (3), attirant le feu de loin, rendant inflammable toute matière; et surtout brûlant dans l'eau. Le *feu liquide* avait les mêmes propriétés qui lui valaient la réputation d'un engin invincible dans la guerre navale.

II. Les sources les plus renommées du *naphte* étaient celles de *Médie*, d'où ses noms d'*huile de Médie* (ἔλαιον Μηδιας) ou d'*huile de Médée* (ἔλαιον Μηδειας) (4), et la légende de Médée brûlant sa rivale par le naphte (5). Mais des historiens byzantins (6) donnent les mêmes noms au *feu liquide*. Cette identification du *feu médique* avec le *feu liquide des Grecs* (ὑγρὸν πῦρ τῶν Ρὼμαίων) (7) est très claire chez l'historien Léon Diaconos (8) : « Les Scythes, dit-il, ont eu peur du *feu liquide des Grecs*, parce qu'ils avaient oui les vieillards conter que par ce *feu médique* les Grecs avaient incendié jadis la flotte d'Ingoros. » Ce témoignage de Diaconos est d'autant plus important que cet écrivain, considéré comme l'historien le plus authentique de son

(1) Séance du 16 juillet 1918.

(2) Cf. G. Schlumberger, *Niceph. Phocas*, 1890, p. 52 et suiv.

(3) Strabon (XI, 518; XVI, 743); Dioscoride (I, 99, 101); Pseudaristot (*De mirab.* 33, 35, 36, 37, 38, 114, 127); Isigon, Nicæns (éd. Müller, *Fr. Hist. græc.*, IV, 437), etc.

(4) Galène (éd. Kühn, XI, 520); Suidas, *Lex.* (éd. Bernardy), p. 823, 943; Procop (éd. Niebuhr, II, 512). Μηδεια au lieu de Μηδια, voir Georg Hamartolos (éd. Migne, t. 110, 10), Photios (Migne, t. 103, 223), etc.

(5) Plutarque, Alexandre, c. 35; Pline, II, 109.

(6) Euseb (éd. Dindorf, *Hist. græc. min.*, I, 203, 10), Procop (II, 512, 517); cf. Anna Comnen (éd. Nieb, II, 260, 18).

(7) Les Grecs disaient : *Feu liquide*, et les étrangers : *Feu liquide des Grecs* ou *Feu grec* (voir Léon Diaconos, éd. Nieb, p. 156, 2, et Theophan, éd. Nieb, 609, 18).

(8) Pages 144, 7, et 156, 2; cf. Georg Hamart, p. 764 (517).

temps, a vécu pendant la plus brillante période de l'histoire byzantine (xe siècle) (1).

III. De ce qui précède il semble très probable que le nom même de *feu liquide* (ὑγρόν πῦρ) (2) n'est qu'une traduction grecque de *naphta*, nom médique (3) du pétrole (4) (*na* = huile, liquide, et *phta* = feu).

IV. Des légendes, relatives au naphte de Médie, se rattachaient au nom d'Alexandre le Grand. Plutarque (5) rapporte que la source du liquide ardent près d'Ecbatane étonna Alexandre qui avait même procédé à des expériences sur l'inflammabilité du naphte. Dans son *Livre des feux*, Marcus Græcus (6) raconte qu'Alexandre s'est servi d'un feu spécial pour brûler la citadelle de Tyre et les maisons des Samaritains.

Nous pouvons donc imaginer comment les Byzantins avaient eu la première idée d'employer le naphte (une huile brûlant dans l'eau) dans la guerre navale (πῦρ θαλάσσιον) (7). L'épuration du naphte (dissimulé sous la traduction grecque : ὑγρὸν πῦρ) et la manière de le lancer formaient sans doute un secret d'État (8).

V. Il ne serait certainement pas absurde de supposer qu'on ajoutait dans

---

(1) KRUMBACHER, *Geschichte der Byzant. Litterat.*, 1897, p. 267.

(2) Constant. Porphyrog. (*De admin. imp.*, éd. Nieb, p. 84, 11, et 216, 19), Cedrinos (éd. Nieb, II, 227, 12), Theophan, 778, 19; Ioann Cinnamos (éd. Nieb, 207, 11), etc. Anna Comnen (II, 192, 17, et 193, 6) dit : « ὑγρὸν et ἔνυγρον », et Nicetas Choniat (éd. Bekker, p. 496, 5; 510, 11; 102, 19) dit : « Le feu liquide... dormant jusque-là sans *écouler.* »

(3) Procope (II, 512); Suidas (*Lex.*, p. 823, 943).

(4) PAULY, *Real-Encyclop. der classisch. Alterthumw.*, 1848, V. 410.

(5) Alex., c. 35; *cf.* c. 57; Strabon, XVI, 743; Théophraste (éd. Wimmer), Fr., 159.

(6) Édition Berthelot (*La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 105, 107, 129).

(7) Theophan, p. 542, 6; Cedrin, I, 765, 10.

(8) Le « πῦρ ἐσκευασμένον » (LÉON, *Tactique*, Migne, t. 107, p. 1008; Cedrinos, II, 85, etc.; Nicetas Chon., 510, 11; Niceph. (polit., éd. Nieb, 60, 33) a même la signification de « feu » lancé avec des vases ou par des appareils ». Les Byzantins nommaient plus tard (IVe siècle) le canon par le mot vulgaire : σκευή (appareil) « parce qu'il n'y avait pas un mot ancien de cette machine » (dit Critopulos, éd. Müller, *Hist. gr. min.*, p. 79), ce qui veut dire que la fonction du *canon*, toute différente, ne rappelait pas le *siphon* du feu liquide. Le nom byzantin de la poudre à canon était : βοτάνη (herbe).

le pétrole du *nitre*, mais aucune indication n'existe à cet égard dans les écrits byzantins, dans lesquels surtout il faut chercher nos renseignements sur le feu liquide. Cependant, dans le *Liber ignium* de Marcus qui a servi de base à l'opinion que le nitre entrait dans la composition du feu grégeois, le produit pur d'une distillation d'asphalte et de résines porte le nom d'*Ignis Græcum* (¹), tandis que les préparations nitrées sont appelées *Ignis volatilis* (²).

Pour l'emploi à la guerre du feu grégeois, on arrosait les vaisseaux de l'ennemi avec la matière liquide au moyen de *tubes flexibles* et l'on y mettait ensuite le feu avec des projectiles enflammés, ou bien le liquide, lancé par des tubes en cuivre (σίφωνες), s'enflammait à l'orifice même des tubes, lequel était entouré d'étoupe imbibée avec une matière inflammable en état de combustion lente (³). Cette couronne d'étoupe enflammée de l'orifice (bouche) des siphons est, je crois, le « πρόπυρον », propyre (πρὸ = avant, et πῦρ = feu), mentionné dans un passage de la *Tactique* de Léon (Migne, t. 107, p. 1008).

GÉOLOGIE. — *Itinéraires géologiques au nord du fleuve Sénégal.* Note de M. Henry Hubert.

La région récemment étudiée est comprise entre le fleuve Sénégal proprement dit (en aval de Bafoulabé) et les environs du 17ᵉ parallèle. Dans la partie de cette région comprise entre Aleg et Nioro, c'est-à-dire sur plus de 100 000$^{km^2}$, un seul itinéraire géologique avait été effectué jusqu'à présent par M. Vuillet (⁴).

Me réservant de développer ultérieurement mes observations, je me bornerai à fournir quelques renseignements sur les formations rencontrées.

Pléistocène et actuel. — Les pays situés entre l'Océan et les environs

(¹) Édition Berthelot (*La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 116 et 124).

(²) *Loc. cit.*, p. 108, 12, etc.

(³) Schlumberger, *loc. cit.*, p. 55.

(⁴) H. Hubert, *Description d'échantillons pétrographiques de l'A. O. F.*, supplément au *Journal officiel de l'A. O. F.*, 20 avril 1912, nº 70.

d'Aleg sont occupés par des formations récentes, déjà décrites (Chudeau, Dereims). Le caractère le plus typique de ces pays est le parallélisme des dunes, au moins partiellement fixées. Entre elles s'étendent des dépressions argileuses à fond plat dont la largeur varie de quelques centaines de mètres (*gouds*) à quelques kilomètres (*aftouts*) et dont la longueur est considérable puisqu'elle peut dépasser largement une centaine de kilomètres [1]. Il y a tout lieu de croire que si le vent dominant en hiver (alizé) a bien déterminé l'orientation des dunes, le tracé des dépressions a été conservé, au moins pendant longtemps, par la circulation des eaux superficielles. Cette manière de voir se justifie et par la nature des matériaux de ces dépressions (argiles, cailloux roulés d'origine lointaine) et par le dessin géographique (débouché des dépressions sur le Sénégal par de véritables vallées, delta R'Quis, continuité des dépressions jusqu'à une très grande distance dans l'intérieur des terres, etc.).

Éocène. — Il semble qu'on soit fondé à donner comme limite occidentale de l'Eocène l'Anaguim dominant le lac d'Aleg; il existe cependant à l'ouest de cette ligne des lambeaux gréseux qu'on peut sans doute encore rapporter au Tertiaire (puits de Taïchotte, mare de Tendalek). Outre les grès argileux, non fossilifères, qui sont les seules formations tertiaires indiquées jusqu'à présent (Chudeau) dans la région qui nous occupe, il existe, concurremment à ces grès : 1° des calcaires silicifiés très fossilifères (notamment à Kraa Badelli, hauteurs de Diasi-Diari), 2° des grès siliceux compacts, avec contre-moulages de bivalves (hauteurs de Vendou Lamdo et Kadiel Héba).

La limite orientale de l'Éocène, que je me suis efforcé de déterminer, est une ligne sinueuse passant à proximité de Tankassas, Help Digguet, Bassin N'Guidi, Mounguel, Talaya et Zégraré. Ces formations, horizontales, reposent directement sur les schistes anciens redressés et viennent buter contre les hauteurs que forment ceux-ci, notamment à l'ouest de Mouit.

Grès siliceux horizontaux et roches associées. — Au sud du Tagant, déjà étudié (Chudeau) se trouve le masssif gréseux de l'Assaba, qui s'étend jusqu'à proximité du fleuve Sénégal. A l'est de l'Assaba, j'ai encore retrouvé les grès siliceux près de Kiffa, à Mouschiab. L'immense surface comprise

---

(1) Ces dépressions sont des voies de pénétration remarquables et je pense qu'on pourrait en tirer parti pour la circulation des automobiles.

entre cette dernière localité, d'une part, et Aïoun Meklé, Aïn el Atrouss, el Beleukchache, Bilazimi et Goméra est exclusivement occupée par ces grès.

D'autres lambeaux ou massifs gréseux, encore très vastes, mais cependant moins étendus, se rencontrent à l'est et au sud de Nioro (Siracoro, Simbi à Doualé, Diabougou, etc.).

A la base des grès, aussi bien dans le Rgueïba que dans le cercle de Nioro, se trouvent des schistes horizontaux, à lits très fins. Ils sont transformés en jaspes, pélites, etc. et forment de puissantes accumulations. Ce sont les analogues des types que j'ai observés dans la Guinée (Mali, Souguéta, Gangan) et dans lesquels M. Sinclair a signalé, à Télimélé, *Monograptus priodon*.

Les grès qui nous occupent étant dans le prolongement de ceux de l'Adrar, doivent être considérés, jusqu'à nouvel ordre, comme étant dévoniens; cependant il ne faut pas perdre de vue qu'ils sont aussi en continuité avec ceux de la Guinée (cambrien), de sorte qu'il est fort possible que certains d'entre eux soient antédévoniens (1). En tout cas, d'après les observations que je poursuis actuellement en Guinée, il ne me paraît pas possible d'établir pour le moment une séparation entre les schistes horizontaux et les grès des territoires au nord du Sénégal, encore que les grès apparaissent ici toujours au-dessus des schistes.

De même qu'en Guinée, toutes ces roches sont traversées par des filons, recouvertes ou pénétrées par des coulées de diabases. Ces roches, parfois extrêmement développées, ont déterminé, quand elles sont intrusives, d'importants phénomènes de contact, notamment aux dépens de lentilles calcaires intercalées dans les grès (formation de marbre, individualisation de magnétite, grossulaire, mélanite, épidote, calcédoine, barytine, quartz, etc.) (2).

Schistes redressés. — Nettement plus anciennes que les dépôts précédents sont les formations schisteuses redressées, schistes micacés surtout, qui s'étendent entre la limite orientale du Tertiaire et la falaise occidentale

(1) Il est probable que les grès de l'Ouest africain forme une série continue. Entre le Cambrien de la Guinée et le Dévonien de la Mauritanie et du Sahara viennent déjà de placer les formations à Harlanias Halli (Gothlandien) du Territoire militaire du Niger.

(2) Les calcaires cristallins de Dinguira (Soudan), signalés antérieurement comme éocènes (de Lamothe), sont en réalité primaires.

de l'Assaba. Ce sont les formations que j'ai précédemment dénommées *roches sédimentaires métamorphisées*, mais cette expression doit être écartée puisqu'elle est susceptible de créer une confusion avec certains types de la série précédente. Quant au terme de Silurien, proposé par d'autres auteurs, il ne se justifie plus.

De même que dans les régions soudanaises, ces schistes, orientés sensiblement Nord-Sud, sont traversés par des filons de quartz aurifère.

Schistes cristallins. — Les gneiss, qui appartiennent à une série plus ancienne que les types précédents, n'ont été observés qu'en quelques points au nord de Kayes et dans la région de Toucobra. Ils sont recoupés par des granites.

MÉTÉOROLOGIE. — *Les mouvements généraux de l'atmosphère.* Note de M. Paul Garrigou-Lagrange.

L'atmosphère éprouve des mouvements généraux qui entraînent pendant des périodes plus ou moins longues et dans des sens et directions nettement déterminés des zones entières de l'hémisphère. L'étude des cartes du Signal Office de Washington, qui embrassent l'hémisphère entier, montre que les aires de haute et de basse pression, qui caractérisent en chaque saison la circulation générale, subissent ainsi des transformations et des déplacements qui les relèvent et les abaissent et les entraînent alternativement en sens opposé. Il en résulte pour chaque région des effets qui sont inscrits sur les cartes des divers Bureaux météorologiques.

Malheureusement la complexité de ces mouvements et leur durée ne permettent de les reconnaître qu'en consultant très attentivement une longue suite de ces cartes, opération très difficile. J'ai trouvé le moyen de rendre les phénomènes plus apparents et plus sensibles en considérant chacune de ces cartes comme une photographie instantanée en les reliant l'une à l'autre par le nombre nécessaire de situations intermédiaires. Transportées sur un film cinématographique et projetées, ces suites de cartes donnent l'impression d'un mouvement qui se déroule assez rapidement pour qu'on en saisisse aisément les diverses phases.

J'ai préparé de nombreuses suites de ces cartes en teintant eu gris les aires de haute pression pour les rendre plus visibles, et j'ai pu déjà constituer trois films cinématographiques. Le premier, pris à la surface de l'Europe

et de l'Asie, est surtout destiné à montrer que le problème est possible, mais les phénomènes y sont un peu compliqués par la présence des deux maxima voisins de la Sibérie et des Açores. Les deux autres au contraire sont très nets, l'un à la surface de l'Europe, l'autre sur l'Amérique du Nord.

On y voit d'une façon générale que les dépressions qui y figurent progressent en suivant une trajectoire tantôt au Nord sur le 60° parallèle, tantôt au Sud sur le 30°, de telle sorte qu'il semble que cette trajectoire s'abaisse ou s'élève alternativement et que l'atmosphère éprouve sur la région étudiée une sorte de respiration qui la fait alternativement monter ou descendre. Ces mouvements ne s'appliquent pas d'ailleurs seulement aux minima barométriques; ils s'appliquent aussi aux aires de haute pression qui existent entre les dépressions successives, de telle sorte que tout l'ensemble paraît animé d'un mouvement général dans le même sens. Si nous supposons par exemple qu'il existe à un moment donné, sur le méridien de Paris, une basse pression au Nord et une haute au Sud, pendant une période dont la longueur dépendra de la saison, la basse pression du Nord marchera de l'Est à l'Ouest et pendant la période suivante, ce sera la haute pression du Sud qui sera entraîné vers l'Est.

Il convient d'observer que les déplacements de la trajectoire impliquent aux époques de descente la formation des isobares allongés, qui précèdent et présagent les grains, de telle sorte que les périodes où ceux-ci sont à craindre peuvent être assez nettement déterminées.

Il est bien entendu que ces mouvements ne se poursuivent pas avec la régularité et la continuité des mouvements astronomiques. J'entends dire qu'à certaines périodes les mouvements sont plus septentrionaux, moins à d'autres, avec déplacement définitif et final dans le sens indiqué.

Ces notions primordiales, déjà intéressantes par elles-mêmes, peuvent être utilement complétées, car toutes les suites de cartes que j'ai examinées m'ont montré que les phénomènes se reproduisent en suivant une loi de périodicité assez nette. Tout mon travail a été réglé en effet en concordance avec les mouvements du Soleil et de la Lune et j'ai toujours retrouvé des relations analogues à celles qu'avait mises en lumière M. Poincaré dans ses études sur le déplacement du champ de l'Alisé. D'une façon générale, au-dessus du 30° parallèle comme au-dessous, mais avec moins de netteté, la Lune agit en entraînant, dans des mouvements d'ensemble, de vastes régions de l'hémisphère.

A l'aide de ces relations et de ces périodicités on peut rattacher aux mouvements de la Lune, principalement à son mouvement en déclinaison, les

mouvements généraux de l'atmosphère, les transformations des grands centres d'action et en chaque région les déplacements de la trajectoire des centres de dépression.

On peut même préciser davantage et de la connaissance des mouvements sur un méridien donné et sur les méridiens voisins déduire la succession probable des phénomènes au cours d'une journée : dire par exemple qu'en telle période les centres de dépression auront tendance à passer au nord de la station donnée, que ce mouvement sera plus accentué dans la soirée, avec aux heures intermédiaires échange d'air entre les hautes et les basses latitudes, soit du Nord au Sud, soit inversement.

PHYSIOLOGIE. — *Étude comparative de l'influence des hydrates de carbone et des graisses sur le pouvoir nutritif des protéines alimentaires.* Note (¹) de M. F. **Maignon**, présentée par M. E. Leclainche.

Après avoir étudié les propriétés nutritives et toxiques des protéines alimentaires (²), nous avons recherché, sur le rat blanc, l'influence de l'addition d'amidon ou de graisse sur la toxicité et le pouvoir nutritif de l'albumine d'œuf.

Nous avons constaté que cette addition prolonge la survie et permet d'obtenir des périodes de fixité de poids plus ou moins longues.

Pour ces deux sortes d'alimentation, albumine-amidon et albumine-graisse, nous avons fait varier les proportions relatives d'amidon et de graisse par rapport à l'albumine, et déterminé pour chacun de ces mélanges la durée maximum et moyenne de la survie, ainsi que celle des périodes de fixité de poids, lorsqu'elles existaient.

Pour une quantité d'albumine égale à 1, nous avons expérimenté avec la graisse les mélanges suivants : graisse $= \frac{1}{2}; \frac{1}{2}; 1; 1\frac{1}{2}; 2$ et, avec l'amidon, amidon $= \frac{1}{2}; 1; 2; 3; 5$. Chacun de ces mélanges était administré, sous forme de boulettes dosées à 1^g additionnées, comme dans les expériences précédentes, de sels minéraux, de bicarbonate de soude et données à discrétion. Chaque jour, on procédait à l'évaluation des ingesta, et, tous les deux jours, les sujets étaient pesés à jeun.

(¹) Séance du 16 juillet 1918.

(²) Voir les trois Notes précédentes.

Pour toutes les périodes de fixité de poids supérieures à 15 jours, nous avons calculé la ration moyenne et exprimé cette dernière par le poids d'albumine et le nombre total de calories. Nous donnons, dans le Tableau suivant, les résultats moyens obtenus avec chacun des mélanges expérimentés. Tous les chiffres sont ramenés par le calcul à un poids vif de 100g qui est le poids moyen le plus habituel des animaux employés.

Proportions.		Survie.		Fixité de poids.		Perte de poids	Ration moyenne.	
Albumine.	Graisse.	Maxim.	Moyenne.	Maxim.	Moyenne.	p. 100.	Albumine.	Calories.
				Albumine-graisse.				
		[1] j	j	j	j		g	cal
1	1/4	+60	»	+54	»	»	6,34	46,01
1	1/2	+92	»	+92	»	»	4,60	43,97
1	1	+96	76	+82	45	»	2,77	39,50
1	1 1/2	+83	»	50	»	»	2,13	40,45
1	2	109	»	+72	»	»	1,67	39,34
				Albumine-amidon.				
	Amidon.							
1	1/2	+41	24	24	11	26	8,10	56,47
1	1	189	56	+92	30	34	5,59	50,75
1	2	54	»	16	13	33	4,47	59,55
1	3	42	»	10	»	48	»	»
1	5	41	»	9	»	43	»	»
Amidon pur		30	20	4	»	40	»	»

Analyse des résultats. — *Équilibre nutritif, fixité de poids.* — Tandis que l'albumine d'œuf est impuissante à elle seule à réaliser l'équilibre nutritif et la fixité du poids, les mélanges albumine-graisse et albumine-amidon permettent d'arriver à ce résultat, mais avec une inégale facilité. Nous avons obtenu la fixité du poids pour de longues périodes, supérieures à 50 jours, avec tous les mélanges expérimentés d'albumine-graisse.

---

(1) Le signe + signifie (plus de), en ce sens que les animaux ont été sacrifiés en pleine santé et que le nombre de jours eût été plus grand si l'on avait laissé l'expérience suivre son cours.

Avec l'amidon la fixité durable du poids n'a été obtenue qu'avec le seul mélange albumine et amidon parties égales.

Pour ces deux genres d'alimentation, albumine-graisse, albumine-amidon, les mélanges correspondant aux rations les plus économiques (exprimées par le minimum de calories) sont ceux où l'albumine et l'aliment ternaire sont associés à parties égales; mais, fait important à signaler, le mélange albumine 1 graisse 1 permet d'obtenir l'équilibre nutritif, (fixité du poids), avec un nombre de calories beaucoup moindre que celui exigé par le mélange albumine 1 amidon 1 ($39^{cal},50$ au lieu de $50^{cal},75$). D'autre part, ce résultat est obtenu avec la ration albumine 1 graisse 1 avec une quantité d'albumine moitié moindre qu'avec la ration albumine 1 amidon 1 ($2^{g},97$ au lieu de $5^{g},59$), d'où l'on peut conclure que *l'albumine est mieux utilisée avec la graisse qu'avec l'amidon.*

Avec les mélanges, albumine-amidon, si l'on s'écarte de ces rapports d'égalité, soit dans un sens, soit dans l'autre, on voit la ration susceptible d'équilibrer temporairement la nutrition augmenter et passer de $50^{cal},75$ à $56^{cal},47$ et $59^{cal},55$ lorsque la proportion d'amidon devient égale à $\frac{1}{2}$ ou à 2. Avec les mélanges albumine-graisse, le nombre de calories n'augmente que lorsque la proportion de graisse diminue (moins bonne utilisation de l'albumine); lorsque la graisse augmente, l'albumine de la ration diminue jusqu'au minimum nécessaire et le nombre total de calories reste sensiblement le même (de 39 à 40).

Minimum d'albumine nécessaire. — Le minimum d'albumine nécessaire (1) est environ trois fois moindre avec la graisse qu'avec l'amidon. Ce fait confirme la conclusion, précédemment exprimée, que l'albumine est mieux utilisée avec la graisse qu'avec l'amidon.

Dans d'autres expériences, nous avons alimenté des rats, dans les mêmes conditions que précédemment, avec des boulettes contenant les trois éléments nutritifs : albumine, graisse, amidon (additionnés de sels minéraux et de bicarbonate de soude). Le Tableau suivant résume les résultats obtenus :

---

(1) $1^{g},67$ avec la graisse; valeur comprise entre $5^{g},59$ et $4^{g},47$ avec l'amidon.

Proportions.			Survie moyenne.	Fixité de poids moyenne.	Ration moyenne.	
Albumine.	Graisse.	Amidon.			Albumine.	Calories.
			jours	jours	g	cal
1	1	1,33	188	115	1,50	30,00
1	$\frac{1}{2}$	1,1	35	20	2,90	41,21
1	$\frac{1}{4}$	1,65	38	15	3,13	44,05

Malgré la présence d'amidon, c'est encore, de ces trois mélanges, celui dans lequel l'albumine et la graisse se trouvent à parties égales qui donne la ration la plus économique (30 calories; albumine, $1^g,50$).

Qu'il y ait ou non de l'amidon dans le mélange alimentaire, la meilleure utilisation de l'albumine d'œuf est donc obtenue lorsque la graisse s'y trouve en quantité égale ou supérieure à celle de l'albumine.

Nous ferons remarquer que dans la viande, aliment azoté par excellence, les graisses entrent dans une proportion peu inférieure à celle de l'albumine.

Les protéines musculaires, plus voisines que l'albumine d'œuf des éléments constitutifs des tissus, sont d'une utilisation plus facile; il n'est donc pas surprenant qu'elles exigent un peu moins de graisse.

De ces expériences, il résulte que les graisses jouent un rôle important dans l'utilisation des matières protéiques, rôle que les hydrates de carbone sont impuissants à remplir.

ZOOLOGIE. — *Biologie de l'*Eleotris gobioïdes. Note de M. **Jean Legendre**, présentée par M. Bouvier.

Ce petit poisson, de la taille et de l'allure du goujon d'Europe, ce qui lui a valu à tort le nom de *goujon* de la part des Européens de Tananarive, appartient au genre *Eleotris* de la famille des Gobiidés.

Il ne dépasse guère la taille de $0^m,15$ et le poids de 40^g; les spécimens moyens mesurent 8^{cm} et pèsent de 13^g à 15^g.

Les natifs l'appellent *touou* ainsi d'ailleurs que toutes les espèces de la même famille.

E. gobioïdes habite les cours d'eau, canaux, lacs et marais de la chaîne

centrale. Toujours en contact avec le fond, le petit gobie, quand il aperçoit quelque chose de suspect, s'éloigne rapidement en soulevant un nuage de vase qui le dissimule. Malgré qu'il ne déteste pas les eaux claires et courantes, on le rencontre partout sur les fonds vaseux des canaux, il pénètre même jusque dans les rizières où il ne séjourne que temporairement.

Le touou aime les déplacements, quand il le peut, et sa petite taille lui favorise les évasions; il quitte volontiers les eaux closes où il est détenu.

Au moment de la reproduction l'*Eleotris gobioïdes* est très curieux à étudier, ce qui est possible jusqu'à un certain point, malgré les difficultés de l'observation dans l'eau trouble d'un marais ou d'une rizière, à $0^m,30$ ou $0^m,40$ de profondeur. Sur des *Eleotris* achetés au marché et autopsiés, j'ai pu saisir le moment où les ovaires des femelles paraissent avoir atteint la maturité. Fin janvier j'ai découvert un premier nid d'*Eleotris gobioïdes* sur une touffe de riz dans une rizière inculte où avaient poussé spontanément quelques pieds de riz isolés. Sur les trois plus fortes tiges de la touffe, à quelques centimètres au-dessus des racines, les œufs étaient déposés en bande régulière de 1^{cm} sur une hauteur de 7^{cm} à 8^{cm}. Juxtaposés, mais sans aucune adhérence entre eux, ces œufs ont la forme d'un fuseau transparent de $1^{mm},5$ de longueur, difficile à voir à l'œil nu. En plaçant la tige ovifère de façon que les œufs soient vus de profil, on arrive à en distinguer les contours. La présence de quelques œufs d'un blanc porcelainé, tués et envahis par le *Saprolegnia ferox*, révèle à l'observateur prévenu la forme réelle de la coque ovigère. Les œufs de l'*Eleotris* sont fixés sur leur support à l'aide d'un filament souple, long de 1^{mm}, attaché à un des pôles; ils se maintiennent dans l'eau le grand axe horizontal, oscillant librement au moindre mouvement, comme une bouée autour d'un corps mort ou comme un ballon de baudruche autour de la ficelle qui le retient.

Si l'on place *in vitro* des œufs sur le point d'éclore, on voit le jour suivant les petites larves sous forme de sphérules ambrées de 1^{mm} de diamètre, qui s'agitent de temps à autre. La sphérule est la vésicule ombilicale, la larve de l'*Eleotris* est juchée en position horizontale sur ce placenta. Les œufs et larves du petit Gobiidé sont très délicats et difficiles à conserver *in vitro;* les premiers deviennent très facilement la proie de la Saprolégniée, les secondes meurent souvent le jour ou le lendemain de l'éclosion, très probablement parce qu'il leur manque les soins qui leur sont donnés dans la nature par le géniteur chargé de leur garde.

Dans les touffes de riz, et beaucoup plus fréquemment dans les touffes de

Cyperus latifolius (hérane), il n'est pas rare de capturer, si l'on saisit la touffe en bloc, le petit poisson en même temps que ses œufs. L'*E. gobioïdes* a une préférence marquée pour ce Cypérus, qui serait mieux appelé *ensifolius*, dont les feuilles en lame d'épée à leur moitié supérieure, présentent une cannelure qui va s'élargissant vers la base où elle forme une véritable gouttière sur les parois de laquelle la ponte est déposée. Un des parents, le mâle, se tient dans cette chambre où il exerce une garde vigilante sur sa progéniture dont il accepte de suivre le sort quand on arrache le pied de Cypérus qui la porte. Qu'elle ait été déposée sur une touffe de Cypérus ou de riz, la ponte est toujours fixée sur le côté de la tige tourné vers le centre. La profondeur à laquelle les œufs sont immergés est d'environ $0^m,30$ à $0^m,40$, calculée probablement pour que la densité du milieu maintienne les œufs en position horizontale; quand on les sort de l'eau, les œufs s'affaissent sur leur pédicule.

La ponte moyenne d'une femelle d'*E. gobioïdes* est de deux mille œufs. Un *Eleotris* de 5^{cm} de long, est déjà en âge de se reproduire. Dans la période qui précède le frai, apparaît sur le bord postérieur de l'orifice anal du mâle et de la femelle une languette, dont l'épaisseur et le degré de congestion indiquent l'imminence de la ponte. A la même époque, il se produit souvent chez le mâle un gonflement des parties molles du front et surtout de la région sous-maxillaire inférieure qui paraît allongée et donne au poisson l'aspect « bécard ».

Très exclusif dans ses goûts l'*Eleotris* pond uniquement sur le *Cyperus latifolius* et le riz; jamais je n'ai pu découvrir ses œufs sur d'autres plantes soit immergées, soit émergées, pas même sur le *Cyperus æqualis* (zouzoure) dont les tiges sont cependant aussi fortes que celles de l'autre. Dans les rizières en culture, je n'ai jamais découvert une ponte d'*Eleotris*.

Depuis 5 mois, je conserve une quinzaine de ces petits Gobiidés dans un aquarium cimenté de $2^{cm} \times 1^m$, contenant $0^m,30$ d'eau; ils ne montrent aucune exigence au sujet du renouvellement de l'eau et s'accommodent très bien de cette stabulation. Aucune perte ne s'est produite dans l'élevage qui se montre capable de supporter une longue abstinence; ils paraissent grossir depuis 2 mois qu'ils sont alimentés presque quotidiennement avec des vers de terre.

MICROBIOLOGIE. — *Nouvelles recherches sur la présence d'éléments vivants dans le tissu musculaire normal (parasitisme normal et microbiose).* Note [1] de M. V. Galippe, présentée par M. Yves Delage.

Bien que les expériences de Béchamp, de Nenki et Giacosa, celles de Billroth et Tiegel, de Burdon-Sanderson, d'Armand Gautier et d'Étard, soient absolument démonstratives en ce qui regarde la présence d'éléments vivants dans le tissu musculaire et la persistance de la vie intracellulaire, vie propre, autonome, se continuant alors même que ce tissu est séparé de l'être qui l'a fourni, nous avons cru devoir reprendre l'étude de cette question à l'aide de la méthode que nous avons inaugurée en 1887.

En raison des circonstances actuelles, nous avons dû limiter nos recherches au tissu musculaire provenant des abattoirs. Certaines de nos conclusions pourront ainsi être utilisées par l'hygiène alimentaire.

Contrairement aux idées reçues, les morceaux de viande présentant le meilleur aspect ne sont pas seulement colonisés à leur surface, mais aussi dans leur profondeur, tant en raison du *parasitisme normal* et *accidentel* qu'en raison de l'activité de la *microbiose*.

L'attrition expérimentale ou accidentelle du tissu musculaire favorise son altération, diminue la durée de sa conservation et provoque l'évolution de la *microbiose*.

Le suc de viande extrait de ce même tissu musculaire par une pression énergique, se montre également riche en microrganismes, ainsi qu'en microzymas (*microbiose*). Dans les cultures de tissu musculaire, aussi bien que dans celles obtenues avec du suc de viande, on trouve des formes mitochondriales. Celles-ci semblent se multiplier dans les cultures et rappellent assez fidèlement les chondriocontes décrits par M. Guilliermond dans la fleur de la Tulipe.

Les cultures renferment également des spores et des tubes mycéliens appartenant à différentes espèces de champignons microscopiques.

La rapidité avec laquelle se fait la colonisation des viandes de boucherie est véritablement surprenante. Nous l'avons constatée sur des fragments de tissu musculaire provenant d'animaux abattus depuis 2 et 3 heures.

---

(1) Séance du 16 juillet 1918.

On admettait jusqu'ici que cette colonisation microbienne se faisait uniquement de l'extérieur à l'intérieur et exclusivement par l'intermédiaire des parasites déposés à la surface de la viande pendant les manipulations subies par celle-ci. Même en tenant compte du mécanisme assigné par M. H. Martel à la pénétration de ces parasites, la rapidité avec laquelle s'effectue l'invasion microbienne du tissu musculaire ne s'expliquerait pas. D'autres causes que nous ne connaissons pas encore doivent entrer en jeu, telles que les attritions subies par le tissu musculaire pendant le parage dont il est l'objet, attritions pouvant exercer une action déterminante sur le développement, dans l'intimité de celui-ci, de l'action de la *microbiose*. Peut-être le mode d'abatage n'est-il pas indifférent ?

Ayant fait abattre devant lui un animal sain, M. H. Martel recueillit des fragments de tissu musculaire dans des conditions d'asepsie rigoureuse et voulut bien nous les remettre. Ce ne fut que trois jours après l'ensemencement que les milieux de culture habituels se montrèrent colonisés. D'autres donnèrent des résultats positifs après 48 heures seulement.

Les microrganismes que nous avons rencontrés dans les cultures avaient pour origine, d'une part, le *parasitisme normal* et, d'autre part, la *microbiose*. Nous y avons également retrouvé ces corps particuliers offrant une grande ressemblance avec les chondriocontes décrits dans l'épiderme de la Tulipe par M. Guilliermond et dans une cellule de la surrénale du Cobaye par M. Mulon.

Au bout de 22 jours le tissu musculaire s'était altéré, mais n'exhalait pas d'odeur de putréfaction, ce qui démontre à quels résultats heureux on arriverait en manipulant la viande au moins dans des conditions de propreté irréprochable. Bien que celles-ci soient relativement rares, on diminuerait ainsi la proportion des intoxications d'origine carnée.

Cette expérience démontre en outre que, contrairement aux idées reçues, le tissu musculaire recueilli aseptiquement donne des cultures fertiles dues aussi bien au *parasitisme normal* qu'à la *microbiose*, l'action de la première cause devançant l'effet de la seconde.

Il était intéressant de rechercher si les viandes frigorifiées étaient, ou non, moins contaminées que les viandes fraîches.

Le morceau de viande sur lequel nous avons pratiqué nos prélèvements était du plus bel aspect ; il fut consommé et trouvé d'un goût excellent. Cependant il se montra aussi profondément colonisé que la viande provenant de nos abattoirs. Les ensemencements donnèrent des résultats positifs

en 24 heures. Outre de nombreux microrganismes, on y rencontrait des spores de diverses espèces de champignons microscopiques. Ces résultats étaient dus aussi bien au *parasitisme normal* et *accidentel* qu'à la *microbiose*, ce qui démontre que le froid ne détruit pas plus les microrganismes déposés à la surface de la viande au cours des manipulations qu'elle subit que ceux qu'elle renferme normalement. L'activité des éléments intra-cellulaires paraît également rester intacte. Pendant la période de réfrigération et proportionnellement à l'abaissement de la température, l'activité de ces différents éléments microbiens peut être ralentie ou suspendue, mais elle reprend son activité dès que la viande est soustraite à l'action du froid. L'effet de la chaleur dans les conditions où elle est employée à la conservation des substances alimentaires est comparable à celui du froid.

La séance est levée à 16 heures et quart.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 JUILLET 1918.

PRÉSIDENCE DE M. Ed. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. Reginald Aldworth Daly, Professeur à l'Université Harvard, qui assiste à la séance.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les formes quadratiques ternaires indéfinies.* Note de M. G. **Humbert**.

1. *Domaine de Poincaré dans le plan.* — Ce sera, pour une forme quadratique ternaire indéfinie, $\mathfrak{f}(x, y, z)$, un domaine, dans le plan de la conique $\mathfrak{f} = 0$, intérieur à cette conique, et tel qu'un *point* quelconque, intérieur à $\mathfrak{f}$, équivale à un et à un seul point du domaine, par une des substitutions du groupe arithmétique reproductif de $\mathfrak{f}$. Pour la conique $\mathfrak{f}(x, y, 1) = 0$, le domaine de Poincaré est la section, par le plan $z = 1$, d'un angle polyèdre de sommet O, qui, *joint à son symétrique par rapport à* O, forme un domaine *spatial* de Poincaré, $(\mathfrak{D})$, introduit dans ma dernière Note (1).

Pour éviter toute confusion de notations, nous désignerons par ∇ le domaine de Poincaré dans le plan.

Nous appellerons *aire non euclidienne* du polygone ∇, et nous désignerons

(1) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 49.

également par ∇, la quantité

$$\int\int_{\nabla} dx\,dy \sqrt{\frac{D}{\mathfrak{f}^3}}, \tag{1}$$

$\mathfrak{f}$ représentant ici $\mathfrak{f}(x, y, 1)$, et D étant le déterminant de $\mathfrak{f}$. On dira aussi que ∇ est l'aire de ∇ *par rapport à la conique* $\mathfrak{f} = 0$.

Cela posé, soient encore $f_1, f_2, \ldots$ des formes ternaires indéfinies, *proprement primitives*, de mêmes invariants Ω et Δ *impairs* ($\Omega < 0$, $\Delta > 0$), choisies, *une par classe, dans un genre donné;* soient $\mathfrak{f}_1, \mathfrak{f}_2, \ldots$ leurs réciproques, supposées proprement primitives (notations de M. Bachmann); soient enfin $\nabla_1, \nabla_2, \ldots$ des domaines de Poincaré pour $\mathfrak{f}_1, \mathfrak{f}_2, \ldots$ respectivement.

2. *Calcul de* $\nabla_1 + \nabla_2 + \ldots$. — Il suffit de reprendre les calculs de Stephen Smith qui conduisent à l'expression de la mesure d'un genre de formes *positives*.

On considère, d'une part, les entiers positifs, M, premiers à $2\Omega\Delta$, et tels que $\overline{\Omega M} \equiv 1 \pmod 4$; d'autre part, les représentations propres de $-$ M par la forme $\mathfrak{f}_i$,

$$-M = \mathfrak{f}_i(x, y, z),$$

pour lesquelles le point x, y, z appartient à ∇_i, et l'on fait successivement $i = 1, 2, \ldots$. D'après ma Note rappelée ci-dessus, le nombre *total* de ces représentations est $2^{-\nu-1} H(\overline{\Omega M})$, en désignant par ν le nombre des facteurs premiers distincts (positifs, impairs et > 1), de Ω, par $H(\overline{A})$ le nombre des classes quadratiques binaires, positives, de discriminant $\overline{A}$. De là résulte l'identité

$$\sum_i \sum'_{x,y,z} \frac{1}{|\mathfrak{f}_i(x, y, z)|^{\frac{3}{2}(1+\rho)}} = \sum_M \frac{1}{2^{\nu+1}} \frac{H(\overline{\Omega M})}{M^{\frac{3}{2}(1+\rho)}}. \tag{2}$$

Σ' porte sur les systèmes x, y, z entiers, tels que $\mathfrak{f}_i(x, y, z)$ soit négatif, premier à $2\Omega\Delta$, avec $\Omega\mathfrak{f}_i(x, y, z) \equiv 1 \pmod 4$; de plus, le point x, y, z doit appartenir à ∇_i; enfin ρ est un nombre positif, qu'on fait tendre vers 0, et l'on cherche les limites des deux membres de (2), multipliés par ρ, pour $\rho = 0$.

Pour le second membre, les calculs de Stephen Smith s'appliquent sans changement. Au premier membre, la modification à apporter est la sui-

vante : Smith fait apparaître le facteur $\frac{4}{3}\pi\frac{1}{\sqrt{\Delta^2\Omega}}$, volume d'un certain ellipsoïde; on devra introduire à sa place le volume V_i

$$(3)\qquad V_i = \iiint d\xi\, d\eta\, d\zeta,$$

dont le champ, dans l'espace à trois dimensions, sera défini comme il suit. Considérons d'abord le cône $\mathfrak{F}_i(\xi, \eta, \zeta) = 0$, et un domaine spatial de Poincaré, $\mathfrak{D}_i$, intérieur à ce cône, formé de l'*ensemble* d'un angle polyèdre de sommet O et du symétrique de cet angle par rapport à O : le champ de l'intégrale triple (3) sera la région de l'espace occupée par les points ξ, η, ζ, intérieurs à $\mathfrak{D}_i$ et vérifiant l'inégalité $|\mathfrak{F}_i(\xi, \eta, \zeta)| \leqq 1$. On trouve facilement

$$(4)\qquad V_i = \frac{2}{3}\iint_{\nabla_i} \frac{dX\, dY}{|\mathfrak{F}_i(X, Y, 1)|^{\frac{3}{2}}},$$

l'intégrale double ayant pour champ le domaine ∇_i, dans le plan de la conique $\mathfrak{F}_i(X, Y, 1) = 0$.

Or la formule finale de Smith, qui donne la mesure, $\mathfrak{M}$, d'un genre de formes ternaires positives, d'invariants impairs Ω, Δ, est celle-ci :

$$\mathfrak{M} = \frac{2 + E}{24}\,\frac{\Omega\Delta}{2^{k+\nu}}\,\Pi\,\Pi'\,\Pi'',$$

où, ν ayant la même signification que ci-dessus, k est le nombre des facteurs premiers distincts (positifs, impairs, > 1) de Δ; E l'unité

$$E = \left(\frac{f}{|\Omega|}\right)\left(\frac{\mathfrak{F}}{\Delta}\right)(-1)^{\frac{\Omega+1}{2}\frac{\Delta+1}{2}},$$

f étant l'une (quelconque d'ailleurs) des f_i, et $\mathfrak{F}$ sa réciproque; enfin on a posé

$$\Pi = \Pi_r\left[1 - \frac{1}{r^2}\right],$$
$$\Pi' = \Pi_\omega\left[1 + \left(\frac{-\Delta f}{\omega}\right)\frac{1}{\omega}\right],$$
$$\Pi'' = \Pi_\delta\left[1 + \left(\frac{-\Omega\mathfrak{F}}{\delta}\right)\frac{1}{\delta}\right],$$

r désignant tout facteur premier (positif, impair, > 1), commun à Ω et Δ;

ω tout facteur premier (id.) de Ω, ne divisant pas Δ; δ tout facteur premier (id.) de Δ, ne divisant pas Ω.

La même formule subsistera, pourvu qu'on remplace $\mathfrak{M}$ par

$$\frac{1}{\frac{4}{3}\pi}\sqrt{\Delta^2\overline{\Omega}}(\Sigma_i V_i);$$

or on a, en vertu de (4),

$$\frac{3}{4\pi}\sqrt{\Delta^2\overline{\Omega}}V_i = \frac{1}{2\pi}\int\int_{\nabla_i} dX\,dY\sqrt{\frac{\Delta^2\Omega}{\mathfrak{F}_i^3(X, Y, 1)}},$$

d'où, par l'expression (1) de *l'aire* (non euclidienne), ∇_i, du domaine ∇_i, par rapport à la conique $\mathfrak{F}_i(X, Y, 1) = 0$,

$$\frac{3}{4\pi}\sqrt{\Delta^2\overline{\Omega}}(\Sigma_i V_i) = \frac{1}{2\pi}(\nabla_1 + \nabla_2 + \ldots).$$

On a donc finalement la formule

$$(5) \qquad \sum_i \nabla_i = 2\pi\frac{2+E}{24}\frac{\overline{\Omega}\Delta}{2^{k+\nu}}\Pi\Pi'\Pi'',$$

les k, ν, E, Π, Π', Π'' ayant mêmes significations que ci-dessus; elle donne la somme des *aires* des domaines de Poincaré relatifs aux *classes d'un même genre*.

D'ailleurs, si l'on transforme ∇_i, comme l'a fait Poincaré et, après lui, M. Fricke, en le domaine fondamental d'un groupe fuchsien, et si ce dernier domaine est un polygone de n_i côtés circulaires, ayant $\Sigma\omega_i$ pour somme de ses angles *euclidiens*, on a

$$\nabla_i = (n_i - 2)\pi - \Sigma\omega_i,$$

ce qui permet la vérification de la formule (5).

Voici trois exemples, dans chacun desquels il n'y a qu'*une* classe par genre, c'est-à-dire *une* f et *une* $\mathfrak{F}$.

3. *Exemple I :*

$$f = 3x^2 - 7y^2 - 7z^2, \qquad \mathfrak{F} = -7x^2 + 3y^2 + 3z^2.$$

On a

$$\Omega = -7, \quad \Delta = 3, \quad \nu = k = 1, \quad E = +1, \quad \Pi = 1, \quad \Pi' = 1 - \frac{1}{7}, \quad \Pi'' = 1 - \frac{1}{3};$$

d'où, par (5),

$$\nabla = 2\pi \frac{3}{24} \frac{21}{4} \frac{6}{7} \frac{2}{3} = \frac{3\pi}{4}.$$

D'autre part, on trouve, pour domaine *fuchsien* de $\mathfrak{F}$, un polygone de $n = 5$ côtés circulaires, et d'angles $\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{4}$; donc, aussi,

$$\nabla = (n-2)\pi - \Sigma\omega = 3\pi - 2\pi - \frac{\pi}{4} = \frac{3\pi}{4},$$

d'où la vérification de (5).

Exemple II :

$$f = 5x^2 - 3y^2 - 15z^2, \qquad \mathfrak{F} = -3x^2 + 5y^2 + z^2.$$

On a

$$\Omega = -15, \quad \Delta = 1, \quad \nu = 2, \quad k = 0, \quad E = -1, \quad \Pi = \Pi'' = 1, \quad \Pi' = \left(1 + \frac{1}{3}\right)\left(1 - \frac{1}{5}\right).$$

Donc, en vertu de (5),

$$\nabla = 2\pi \frac{1}{24} \frac{15}{4} \frac{4}{3} \frac{4}{5} = \frac{\pi}{3}.$$

Or, M. Fricke donne, pour $\mathfrak{F}$, un domaine fuchsien où $n = 4$, avec les angles $\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{6}$; d'où

$$\nabla = (n-2)\pi - \Sigma\omega = 2\pi - \frac{3\pi}{2} - \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{3},$$

et (5) est bien vérifiée.

Exemple III :

$$f = x^2 - 3y^2 - 9z^2; \qquad \mathfrak{F} = -9x^2 + 3y^2 + z^2.$$

On a

$$\Omega = -3, \quad \Delta = 3, \quad \nu = k = 1, \quad E = +1, \quad \Pi' = \Pi'' = 1, \quad \Pi = 1 - \frac{1}{9};$$

d'où

$$\nabla = 2\pi \frac{3}{24} \frac{9}{4} \frac{8}{9} = \frac{\pi}{2}.$$

On obtient, pour le domaine fuchsien de $\mathfrak{F}$, un polygone à quatre côtés, d'angles $\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}, 0$; donc

$$\nabla = (n-2)\pi - \Sigma\omega = 2\pi - \frac{3\pi}{2} = \frac{\pi}{2},$$

et la vérification a encore lieu.

Remarque I. — Nous avons donné la formule (5), dans un cas particulier, au Tome 166, 1918, p. 929 des *Comptes rendus*, mais en *doublant* le second membre, parce que nous désignions alors par ϖ la section, par le plan $z=1$, d'un domaine *spatial* de Poincaré formé d'un angle polyèdre *limité à son sommet*, ce ϖ est donc l'ensemble de deux domaines de Poincaré *plans*, et son *aire* est dès lors *deux fois* celle de ∇ (¹).

Remarque II. — Si Ω est impair et Δ impairement pair, il faut, en vertu d'un résultat de Smith, *remplacer* au second membre de (5) le facteur $\frac{2+E}{24}$ par $\frac{1}{16}$.

Par exemple, soit

$$f = 3x^2 - y^2 - 2z^2, \qquad \mathfrak{F} = -2x^2 + 6y^2 + 3z^2,$$

on a

$$\Omega = -1, \quad \Delta = 6, \quad \nu = 0, \quad k = 1, \quad \Pi = \Pi' = 1, \quad \Pi'' = \left[1 + \left(\frac{\mathfrak{F}}{3}\right)\right] = 1 + \frac{1}{3};$$

d'où, en vertu de (5) *modifiée*, et parce qu'il n'y a qu'une classe dans le genre,

$$\nabla = 2\pi \frac{1}{16} \frac{6}{2}\left(1 + \frac{1}{3}\right) = \frac{\pi}{2}.$$

Or, on trouve, pour $\mathfrak{F}$, un domaine fuchsien de $n = 4$ côtés, d'angles $\frac{\pi}{2}$, $\frac{\pi}{2}$, $\frac{\pi}{2}$, 0, en sorte que l'on a bien

$$\nabla = (n-2)\pi - \Sigma\omega = 2\pi - \frac{3\pi}{2} = \frac{\pi}{2}.$$

MÉCANIQUE DES SEMI-FLUIDES. — *Formule fondamentale de Tresca pour le poinçonnage d'un bloc cylindrique de plomb.* Note (²) de **M. J. Boussinesq.**

I. Essayons d'appliquer les équations générales d'écoulement lent d'un corps plastique, formulées dans ma dernière Note (*Comptes rendus*, t. 166,

(¹) Signalons ces *errata* dans notre dernière Note (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 49) : à la ligne 12 de la page 51, *au lieu de* 9, 8ε, 4; 9, 4ε, 8; *lire* 9, 8ε, 1; 9, ε, 8; aux lignes 3 et 4 de la page 53, *mettre le facteur* 3 *devant* $(2)^2$ et $(12)^2$.

(²) Séance du 22 juillet 1918.

24 juin 1918, p. 1016), à la première catégorie des observations de Tresca sur le poinçonnage du plomb.

Le bloc qu'il y poinçonnait, à surface tant supérieure que latérale, libre de toute pression (sauf le fragment de la première partie occupé par la base du poinçon), consistait en un cylindre circulaire plein, de rayon donné R_1, posé sur un large plateau horizontal, rigide et poli. Celui-ci était souvent percé, sur toute son épaisseur, d'un orifice circulaire à bord vertical, dont l'axe coïncidait avec le prolongement inférieur de l'axe du bloc, que nous prendrons pour axe des z. Enfin, le poinçon, placé au-dessus, rigide et poli comme le plateau, était constitué par un autre cylindre circulaire, de même axe que le bloc et d'un rayon donné, R_0, à peu près égal à celui de l'orifice.

La hauteur ou épaisseur H du bloc à poinçonner se trouvait suffisante pour que, tout au moins dans une première et assez longue phase du poinçonnage, la région supérieure du bloc, dans sa partie en contact avec le poinçon et devenue semi-fluide sous une épaisseur notable, se déformât comme si le plateau, relativement éloigné de toute cette région, était continu ou sans orifice, les couches horizontales de cette région supérieure s'aplatissant, *dans leur partie placée directement sous le poinçon*, et s'y dilatant uniformément en longueur et largeur, sans cesser d'être horizontales, ou les fibres verticales s'y contractant en hauteur, mais grossissant de même dans les deux sens latéraux, sans cesser d'être verticales; et cela, dans tout ou presque tout l'espace entouré par le prolongement inférieur de la surface latérale cylindrique du poinçon à travers ces couches semi-fluides.

Quant aux parties des mêmes couches horizontales primitives du fluide, situées *actuellement* (durant l'opération) hors de ce prolongement inférieur de la surface latérale du poinçon, ou dont les distances r à l'axe des z excèdent R_0, nous imaginerons leur matière fictivement décomposée, à chaque époque t et pour un instant infiniment petit dt, en nouvelles couches horizontales, d'épaisseur actuelle dz, qui seront, d'instant en instant, remaniées de manière à ce qu'on puisse considérer sans cesse, dans un plan méridien quelconque où ils se meuvent, les points matériels venant y occuper successivement chaque point (r, z) de l'espace. Comme ces couches ne subissent sur leur face supérieure aucune traction ou pression sensible N_z, il ne doit y avoir chez elles aucune tendance, du moins notable, à s'aplatir. Mais, sous la pression *proprement dite*, $-N_r$, des parties centrales, latéralement dilatées, qui les compriment suivant les rayons r issus de l'axe, leurs

anneaux élémentaires conaxiques, de rayon intérieur r, de largeur horizontale dr et de hauteur dz, s'éloignent de l'axe et, agrandissant d'autant leur rayon, s'allongent et se tendent en provoquant sur leurs sections méridiennes $dr\,dz$ une traction normale, que nous appellerons N_ω par unité d'aire, de signe généralement contraire à la pression *proprement dite*, $-N_r$, s'exerçant (aussi par unité d'aire) sur la face verticale interne ou concave $2\pi r\,dz$ de chaque anneau.

II. Le difficile était d'établir la transition entre le *cylindre central* ou *axial*, censé uniformément soumis à l'écrasement, et la partie *annulaire* du bloc, dilatée sans doute par la partie centrale, comme on le suppose, mais ayant aussi chacune de ses couches horizontales entraînée vers le bas par leurs parties centrales qui s'abaissent, et soumise, par conséquent, sur sa tranche ou face concave $2\pi R_0\,dz$, à une action verticale tangentielle, négligée ici. Pour éluder la difficulté, Tresca imagine (implicitement) *le bloc déjà divisé* en deux parties, *axiale* et *annulaire*, qu'il conçoit susceptibles de glisser, l'une sur l'autre, *sans frottement mutuel dans le sens vertical*, et se transmettant seulement pression et vitesse *normales* actuelles, à travers leur surface cylindrique commune $2\pi R_0 H$. D'ailleurs la matière du cylindre central sortant à chaque instant, à travers le prolongement inférieur de la surface latérale du poinçon, est censée *aussitôt incorporée* à la partie annulaire, de manière à assurer la fixité, en projection horizontale, de la *frontière séparative* des deux blocs partiels.

La difficulté paraissant insoluble, à raison des impossibles calculs qu'amènerait sans doute la mise en compte des vraies actions tangentielles exercées à travers cette frontière, acceptons *l'hypothèse simplificatrice d'une pareille division* en deux blocs partiels *sans frottements l'un sur l'autre*, malgré l'altération profonde qu'elle apporte au problème.

III. Dès lors, sous le poinçon, ou pour $r < R_0$, la pression d'écrasement P_z du poinçon provoquera, sur tous les éléments plans verticaux de chaque couche horizontale semi-fluide, une pression uniforme P_0 horizontale aussi, et évidemment inférieure à P_z de la *constante de fluidité* $2K$. Or cette pression P_0, ainsi transmise à la face concave verticale $2\pi R_0\,dz$ des couches horizontales extérieures, va comprimer horizontalement, pour $r > R_0$, les anneaux élémentaires successifs, à rayons r de plus en plus grands, de ces mêmes couches. Pour un tronçon d'anneau, de longueur interne $r\,d\omega$, compris entre deux plans méridiens voisins à azimuts respec-

tifs ω, $\omega + d\omega$, et ayant comme section normale, suivant son plan de symétrie vertical mené par l'axe des z, un rectangle $dr\,dz$, les trois pressions (ou plutôt *tensions*) *principales* seront sensiblement, en un point (r, z) de cette section normale, N_r suivant dr, N_z suivant dz, enfin N_ω suivant la normale au plan de symétrie, avec N_r négatif, N_ω généralement positif et N_z à peu près nul. La différence $2K$ des deux forces principales extrêmes sera donc, ici, $N_\omega - N_r$.

Cela posé, le même tronçon ou élément de volume, $r\,d\omega\,dr\,dz$, est soumis ainsi presque uniquement, sur ses faces, à quatre forces normales, s'exerçant, deux, dans son plan de symétrie et suivant dr, savoir, $-N_r r\,d\omega\,dz$ sur sa face interne ou concave, $\left(rN_r + \frac{d.rN_r}{dr}dr\right)d\omega\,dz$ sur sa face externe ou convexe; mais, les deux autres, $N_\omega dr\,dz$, suivant deux normales extérieures aux deux faces planes $dr\,dz$, qui font un angle moitié de $d\omega$ de part et d'autre du plan méridien de symétrie. La résultante de ces deux dernières, dirigée aussi suivant dr dans le plan de symétrie, vaut évidemment $-N_\omega dr\,dz\,d\omega$.

L'équation d'équilibre de l'élément de volume sera donc

$$(1)\qquad \frac{d.rN_r}{dr} - N_\omega = 0 \qquad \text{ou} \qquad \frac{dN_r}{dr} = \frac{N_\omega - N_r}{r} = \frac{2K}{r}.$$

IV. Multiplions par dr et intégrons à partir de la limite inférieure $r = R_0$, où $N_r = -P_0 = -P_z + 2K$. Il vient

$$(2)\qquad N_r = -P_0 + 2K\log\frac{r}{R_0} = -P_z + 2K\left(1 + \log\frac{r}{R_0}\right).$$

La poussée déformatrice P_z exercée par le poinçon augmentera, naturellement, jusqu'à ce que l'état semi-fluide ait atteint le bord $r = R_1$, où la pression $(-N_r)$ s'annule sur la surface latérale. Supposons que l'observation ait lieu à ce moment, où la poussée déformatrice *devient constante*. Alors la formule (2) s'applique même pour $r = R_1$, et le troisième membre de (2) s'y annule. On aura ainsi la pression P_z (par unité d'aire) de la base du poinçon, qui est capable d'opérer le poinçonnage du bloc. Et la *charge* totale, ou force $F = \pi R_0^2 P_z$, qu'il faudra imposer pour cela au poinçon, sera, par suite,

$$(3)\qquad \text{(surface latérale libre)} \qquad F = 2K\pi R_0^2\left(1 + \log\frac{R_1}{R_0}\right).$$

Telle est la première formule donnée par Tresca, comme résumant toute une catégorie de ses expériences, et à laquelle il est parvenu au moyen d'évaluations de travaux assez obscures ou difficilement intelligibles. Ses deux dernières séries d'observations, faites avec un soin particulier, lui ont donné, pour le plomb, dans (3), des valeurs de K comprises entre 190^{kg} et 211^{kg} par centimètre carré, soit 200^{kg} en moyenne, avec écarts possibles d'un vingtième environ en plus ou en moins [1].

V. Occupons-nous maintenant des déformations, que nous supposerons très petites, subies par les mêmes anneaux, en nous bornant au cas simple d'un plateau continu, infiniment poli, $z = 0$, et d'un bloc d'assez faible hauteur H pour devenir, presque dès le début, semi-fluide dans sa totalité.

Pour chaque point matériel (r, z) des anneaux considérés, où r, z seront *ici* les *coordonnées primitives* (distances initiales, r, à l'axe, et z, au plateau), variables indépendantes caractérisant ou définissant, à toute époque, ce point mobile, nous appellerons, d'une part, δ, le petit *déplacement horizontal* (accroissement de la distance à l'axe), d'autre part, δ', le petit *déplacement vertical* (accroissement de l'ordonnée z), déplacements se produisant tous les deux dans le plan méridien primitif.

Les trois petites dilatations éprouvées par la matière d'un anneau quelconque, suivant la verticale dz, suivant le prolongement dr du rayon r et suivant un élément $r\,d\omega$ de la longueur d'un anneau, seront respectivement $\frac{d\delta'}{dz}$, $\frac{d\delta}{dr}$ et $\frac{\delta}{r}$, cette dernière s'obtenant par la comparaison de la longueur actuelle $2\pi(r+\delta)$ de l'anneau à sa longueur primitive $2\pi r$.

Le fait de la conservation du volume annulera leur somme, ce qui donnera, pour relier δ' à δ, l'équation indéfinie

$$\frac{d.r\delta}{dr} = -\frac{d\delta'}{dz}r. \tag{4}$$

Il y aura aussi l'ensemble des proportions (11) de ma dernière Note. Celui-ci, formé pour le point (r, z) dans le système d'axes que définissent les trois éléments rectilignes $r\,d\omega$, dr, dz, et en observant que les déformations, étant très petites, sont proportionnelles aux vitesses avec lesquelles

[1] Voir le Tableau de la page 191 de son *Mémoire sur le poinçonnage des métaux* au Tome 20 (1872) du *Recueil des Savants étrangers à l'Académie des Sciences de Paris.*

elles s'effectuent, donneront les deux relations distinctes

$$(5)\qquad \frac{\frac{d\delta}{dr}-\frac{d\delta'}{dz}}{N_r-N_z}=\frac{\frac{d\delta'}{dz}-\frac{\delta}{r}}{N_z-N_\omega}=\frac{\frac{d\delta}{dz}+\frac{d\delta'}{dr}}{o},$$

où le dénominateur zéro du dernier rapport tient à l'hypothèse $T_x = o$ qu'on a faite, c'est-à-dire à la qualité de *pression principale* attribuée ici à N_r et, par suite, à N_z.

Enfin, l'uniformité d'écrasement du cylindre central lui assure, pour un abaissement *donné* α de sa couche supérieure, une dilatation linéaire de son rayon R_0 moitié de sa contraction verticale, qui est le rapport de α à H; et, par suite, elle entraîne, sur la face concave $2\pi R_0 H$ du premier anneau, un déplacement horizontal δ ou δ_0 valant le quotient de αR_0 par $2H$. Donc, aux *trois* équations indéfinies (4) et (5) s'adjoindront les deux conditions définies, dont la seconde est évidente,

$$(6)\qquad (\text{pour } r=R_0)\quad \delta=\delta_0=\frac{\alpha R_0}{2H},\qquad (\text{pour } z=o)\quad \delta'=o.$$

VI. L'hypothèse de N_r et N_z partout pressions principales, en dehors de laquelle la question apparaît comme absolument inabordable, et qui nous a déjà fait admettre la division spontanée du bloc en un *cylindre central* de rayon R_0 et un bloc annulaire, *sans frottement l'un contre l'autre*, a donc aussi l'inconvénient de donner pour le bloc annulaire les *trois* équations indéfinies distinctes (4) et (5) entre *deux* inconnues seulement δ, δ' : ce qui va nous obliger à sacrifier quelque chose des données du problème et à introduire ainsi de nouvelles hypothèses, *pour rendre compatibles ces équations*. En vue de ne rien compliquer, renonçons à sauvegarder la liberté *complète* de la surface supérieure, en nous permettant d'introduire des pressions verticales N_z, les mêmes sur toutes les couches, c'est-à-dire indépendantes de z, afin qu'elles se fassent exactement équilibre sur les deux bases de tout anneau élémentaire et n'ajoutent rien aux deux équations indéfinies (1) existant entre les pressions. Toutefois, gardons l'*essentiel* de cette liberté de la surface supérieure, en nous imposant l'*annulation moyenne* de N_z sur toute la surface $\pi(R_1^2-R_0^2)$; de sorte que le rôle restant à N_z soit seulement de conserver *une forme plane* aux couches primitivement horizontales, ou *de rendre les δ' indépendants de r, comme les δ le sont déjà de z*. Dans ces conditions, le numérateur du troisième rap-

port (5) s'annule et δ, δ', N_z se déterminent sans difficulté. En appelant, pour abréger, ν le nombre positif donné $\frac{R_1^4}{R_0^4} - 1$, il vient :

$$
(7) \quad \begin{cases}
\delta = \dfrac{\alpha R_0}{2H}\left[\dfrac{3\nu}{3\nu + \log(1+\nu)}\dfrac{R_0}{r} + \dfrac{\log(1+\nu)}{3\nu + \log(1+\nu)}\dfrac{r}{R_0}\right], \\
\delta' = \dfrac{-\log(1+\nu)}{3\nu + \log(1+\nu)}\dfrac{\alpha z}{H}, \\
N_z = K\left[1 + \log\dfrac{r^2}{R_0^2\sqrt{1+\nu}} - \dfrac{r^2}{R_0^2}\dfrac{\log(1+\nu)}{\nu}\right].
\end{cases}
$$

Je renverrai, pour les conséquences résultant de ces formules, au numéro de mars 1918 (actuellement sur le point de paraître) des *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*.

ASTRONOMIE. — *Delisle à l'hôtel de Taranne. — Lalande, Bailly et Coulvier-Gravier au Luxembourg.* Note (1) de M. G. **Bigourdan**.

Delisle à l'hôtel de Taranne. — Obligé d'abandonner l'observatoire du Luxembourg comme nous l'avons vu, J.-N. Delisle écrivait à l'abbé Bignon, président de l'Académie des Sciences, en octobre 1716 :

... Lorsques vous appristes que j'avais perdu le petit observatoire que j'avais au Luxembourg, vous eûtes la bonté de me promettre votre protection, pour m'en faire donner quelque autre, si j'en pouvois trouver qui fut propre aux observations célestes. Depuis ce tems là, quelque recherche que j'aye faite dans Paris, je n'ay pu trouver de convenable qu'une maison neuve bâtie de pierre de taille et située quay de l'École (2) qui, par sa solidité et son exposition au midy, la hauteur de ses fenêtres et la largeur de la rivière en cet endroit, est tout à fait propre aux observations astronomiques. Dans cette maison le second, le troisième et le quatrième appartement sont à louer pour Pasques. Le second seroit le plus convenable; cependant à son défaut le troisième pourroit encore servir, quoique aiant les fenêtres plus basses que le second. Chacun de ces appartemens n'a qu'une grande chambre qui seroit celle des observations et un cabinet derrière où je pourrois coucher et mettre mes papiers... Comme la maison dont je vous parle, Monsieur, dépend des Messieurs vos chanoines, vous pourriez, Monsieur, par un mot favorable m'en procurer la jouissance...

---

(1) Séance du 22 juillet 1918.

(2) Aujourd'hui forme une partie du quai du Louvre, entre le Pont-Neuf et le Palais du Louvre.

Ce projet n'eut pas de suite, mais Delisle obtint alors 300# sur les fonds de l'Académie, pour payer le loyer d'un appartement qui pût servir d'observatoire, et il s'installa dans celui que Louville venait de quitter à l'hôtel de Taranne.

Les observations qu'il y fit (C.2, 12), en grande partie inédites je crois, s'étendent du 12 décembre 1716 au 8 mai 1720.

Instruments. — Ce sont ceux dont nous l'avons vu muni au Luxembourg : *pendule* à seconde, *montre* qui sert au transport de l'heure, *machine parallactique*, diverses *lunettes* de 3 à 20 pieds de foyer, avec cric, puis support spécial pour les soutenir; *micromètre* filaire de Butterfield prêté par Louville, un autre de Le Fèvre et, en plus, un *quart de cercle* de cuivre de Chapotot de 2 pieds de rayon, fortement remanié, que prête J. Cassini, mais qui ne le satisfait pas; ce n'est que plus tard, en 1719, qu'il peut songer à la construction d'un meilleur.

Il détermine assez rarement la correction absolue de sa pendule, en employant, comme ses contemporains, l'exacte mais laborieuse méthode des hauteurs correspondantes du Soleil; mais il vérifie attentivement sa marche par des moyens variés : méridienne filaire, disparitions périodiques d'étoiles derrière les clochers de Saint-Germain-des-Prés, lunette fixe dirigée à Sirius.

Observations. — Outre les observations accidentelles (Ecl. ⊙, ☾ ; — occultations; — conjonctions) (¹), Delisle suit attentivement les taches du Soleil et détermine exactement leurs positions. Ces observations, qui pourraient encore être utilisées, sont particulièrement suivies en 1717, un peu moins en 1718 et cessent ensuite presque complètement, pour des raisons qu'il est facile de trouver : un séjour de 2 mois (juin-juillet 1718) à l'Observatoire royal pour observer en correspondance avec Cassini et ses aides qui, en Flandre, achèvent la mesure de la méridienne, — maladie sérieuse de mai à août 1719; — un retour à des expériences physiques vers lesquelles il est très porté; — courtes absences pour des essais géodésiques ou pour observer une éclipse à Montmartre (comme celle de Lune du 20 septembre 1717), ce qui exige démontage et réinstallation de la pendule, etc.;

(¹) Voici celles de ces observations qui sont publiées dans *Mém. Acad.* : *Ecl.* ☾, 1717 septembre 20 (299); — *Occult.* Aldébaran, 1718 février 23 (55); 1719, avril 22 et octobre 30 (318-319).

enfin nécessité de donner des leçons pour vivre et de faire des calculs astrologiques irrégulièrement payés. Peu à peu cependant l'avenir s'éclaircit, car en 1718 il obtient au Collége de France la chaire laissée vacante par la mort de La Hire le père.

Au commencement de cette année 1718, il soupçonne que le diamètre apparent du Soleil diminue à mesure que l'ouverture de la lunette augmente ; mais il n'arrive à établir ce fait, aujourd'hui banal, qu'avec beaucoup de difficultés, à cause des variations de foyer des lunettes. Et à cette occasion il a l'idée de remplacer l'oculaire unique, employé pour la mesure micrométrique des diamètres, par deux oculaires visant le même plan focal et séparés par une distance égale au diamètre à mesurer.

Homberg avait essayé sans succès de mesurer la déviation d'un rayon lumineux passant obliquement du vide dans l'air (*Mém. Acad.*, 1700, H. 112). Durant son séjour à l'Observatoire, Delisle retrouve le prisme employé par Homberg; le perfectionne et, en vue des applications à la réfraction astronomique, répète la mesure avec succès, à l'hôtel de Taranne, en 1718 et 1719 (*Mém. Acad.*, 1719, H. 71 et M. 330-335).

A la fin de 1720, Delisle, devenu associé astronome depuis le 6 décembre 1719, vint occuper quelque temps, à l'Observatoire royal, le logement que J.-Ph. Maraldi laissait libre en prenant celui de La Hire le fils, mort le 4 juin 1719. Ainsi prit fin l'utilisation de l'observatoire de l'hôtel de Taranne : malgré une existence fort courte, 10 ans, il a laissé un sillon lumineux dans l'histoire de l'Astronomie, en raison des idées fécondes qu'y firent germer et croître les talents du chevalier de Louville, et aussi ceux de J.-N. Delisle.

Lalande au Luxembourg. — Dans un de ses registres (C.5, 2) Lalande [1] écrit :

Le 6 décembre 1754 j'ai eu les clefs de l'Observatoire du Luxembourg, qui a été mon premier observatoire particulier, sans parler de celui de M. de l'Isle à l'hotel de Clugny où je travaillais depuis 1749, 20 janvier.

Alors il transporta ses intruments sous le même dôme où Delisle avait

---

(1) *Jérôme Le Français de* La Lalande (Bourg, 1732 juillet 11 — † Paris, 1807 avril 4) fut admis à l'Académie des Sciences comme adjoint astronome le 7 février 1753; il devint associé le 20 décembre 1758 et pensionnaire le 4 mars 1772.

antérieurement placé les siens, et c'est là qu'il observa pendant 10 ans ([1]). Toutefois, quand il fallait un horizon entièrement dégagé vers le Sud, il les transportait sur l'autre façade, celle du Sud; c'est ce qu'il fit en 1759, pour observer le retour alors attendu de la comète de 1682, et il les plaça dans l'appartement du chevalier Lorenzi.

Instruments. — Les instruments employés par Lalande au Luxembourg sont les suivants : une *lunette méridienne*, qui fut d'abord celle décrite par Le Monnier (*H. C.*, lxxv et *Mém. Acad.*, 1757, 173), puis une autre « beaucoup plus grande » qu'il fit construire au commencement de 1758 ; — une *pendule*, remplacée en 1760 par une autre de Le Paute, à lentille très lourde pour maîtriser les inégalités du rouage, mais dont le balancier n'était pas compensé ; — diverses *lunettes* de 3 et de 9 pieds ; — une *machine parallactique* et un *héliomètre* de 18 pieds, qui fut, dit-il, « le premier instrument que M. Le Monnier demanda pour moi à l'Académie peu de temps après ma réception en 1753 ». Mais il manquait encore d'un quart de cercle.

Observations. — Les manuscrits de Lalande, pour les observations de cette époque, paraissent perdus, et nous ne connaissons que ce qu'il a donné dans *Mém. Acad.* ([2]). Lalande était alors dirigé surtout par Le Monnier, qui l'avait fait envoyer à Berlin en 1751 pour les observations de parallaxe de la Lune ; aussi continue-t-il naturellement à s'occuper de cet astre, à la lunette méridienne comme à l'héliomètre : avec la lunette méridienne, qui était mobile autour d'un axe vertical et très laborieuse à utiliser, il détermine les ascensions droites de la Lune par comparaison avec quelques belles étoiles (*Mém. Acad.*, 1757, 176). Quant à l'héliomètre, qui alors exigeait aussi des soins très minutieux ([3]), il l'employa pour la mesure des diamètres du Soleil et de la Lune (*Mém. Acad.*, 1760, 47, et 1788, 90).

([1]) En 1760 le marquis de Chabert observa aussi au Luxembourg, mais peut-être en un autre point du palais, l'éclipse de Soleil du 13 janvier (*Mém. Acad.*, 1760, p. 154).

([2]) *Pass.* ☿, 1753 mai 6, Meudon (1754; 589). — *Ecl.* ☾, 1755 mars 27 (479), — *Occult.* ρ Verseau, 1755 novembre 21 (480); — *Conj.* ♃ — ★, 1758 juin, — *Opp.* ♂ 1760 (109), — *Ecl.* ☉ 1760 juin 13 (304), — *Pass.* ♀ 1761 juin 6 (81), — *Comète* 1762 (563), — *Occult.* ★ par ☾, 1764 janvier 12, — *Taches* ☾ pour la libration, 1764 (555).

([3]) Les changements de foyer des objectifs, etc., exigeaient une détermination fréquente du tour de la vis micrométrique, détermination que l'on faisait avec une *mire*

Bailly au Luxembourg. — Après la mort de La Caille, survenue le 21 mars 1762, ses instruments firent retour à l'Académie, qui les avait fait construire, et son observatoire à l'abbé Marie, son successeur dans la chaire du collége Mazarin. Mais l'abbé Marie paraît avoir laissé l'observatoire à la disposition de Lalande, qui s'y installa en 1764.

Sans doute La Condamine reprenait ainsi ses droits sur l'observatoire du Luxembourg, car dans une lettre sans date, mais évidemment de cette époque, Bailly (¹), le futur maire de Paris, lui écrivait pour le lui demander. Il croit savoir, dit-il, que l'observatoire du Luxembourg lui a été accordé, et qu'il l'a cédé à Lalande, occupant actuel. Il le sollicite pour lui, car il lui serait d'autant plus commode que Bailly père est logé dans le palais.

« Vous me mettrez, dit-il, dans le cas de faire beaucoup d'observations qu'il m'est impossible de faire aux galeries du Louvre où je suis logé. J'hésite à vous le demander depuis quelques jours, n'ayant d'autre titre pour l'obtenir que mon goût pour la science que vous aimez. »

Cette lettre dut être communiquée à Lalande, car il avait ajouté ce sommaire de réponse : Comme l'Académie n'a pas encore nommé à la place vacante, on ne peut donner l'observatoire du Luxembourg, celui qui en use actuellement n'ayant pas encore celui du collége Mazarin.

Même un peu plus tard Lalande sollicita l'autorisation d'installer au dehors du dôme, sur la galerie extérieure (évidemment celle qui longe la rue de Vaugirard, plus basse d'un étage que l'observatoire), « une cage ou châssis de menuiserie de huit pieds et demi de haut sur dix pieds de long pour pouvoir observer les astres élevés avec ses grands instruments qui ne peuvent sortir par les fenêtres » ; mais, sur la proposition de Soufflot archi-

---

placée à l'extrémité d'une *base* de longueur connue. Lalande choisit d'abord sa base, de 804ᵀ, sur la rive droite de la Seine, entre les Tuileries et le bas de Chaillot ; mais alors les vérifications ne pouvaient être assez fréquentes, et, en outre, le transport au retour pouvait faire varier « une aussi grande machine ». Au Luxembourg, Lalande eut une base tout à fait à sa portée, le long de la rue de Tournon, de sorte qu'il n'avait plus à déplacer l'instrument. Sa mire, posée contre la maison faisant alors face à l'autre extrémité de la rue (c'est-à-dire à la hauteur de celle des Quatre-Vents), était de 152ᵀ 4 pieds 8 pouces : cette distance fut mesurée avec les perches employées, le 31 août 1756, pour la base de Villejuif à Juvisy.

(¹) *Jean-Sylvain* BAILLY (Paris, 1736 septembre 15 — † Paris, 1793 novembre 11) admis à l'Académie des Sciences comme adjoint astronome le 29 janvier 1763, devint associé le 14 juillet 1770.

tecte du palais (1), et en raison du « mauvais effet » que cela produirait de l'extérieur, de Marigny, intendant des bâtiments, refusa.

Quant à Bailly, il dut au moins tenter de s'établir dans une autre partie du palais, car auparavant, le 26 mai 1763, il sollicitait le percement d'une fenêtre pour faire passer ses instruments, ce qui fut refusé aussi. Nous ne connaissons pas d'observation faite là par Bailly, de sorte que l'on peut placer à 1764 la fin de l'observatoire astronomique du Luxembourg.

Coulvier-Gravier au Luxembourg (2). — Longtemps négligées, les étoiles filantes attirèrent l'attention de divers côtés dans le courant du XIXe siècle, et un de leurs observateurs les plus assidus fut *Coulvier-Gravier*, qui montra de bonne heure de véritables dispositions; mais il ne commença de tenir journal qu'en 1840, époque où il s'adjoint l'aide Chartriaux. Venu à Paris en 1843, il se fixa rue de l'Est, aujourd'hui boulevard Saint-Michel, où il eut pour tout observatoire le toit convexe de sa maison (n° 31, devenu plus tard n° 33).

Il croyait avoir trouvé, dans l'observation des étoiles filantes (3), un moyen de prévoir le temps; mais cette idée a été ruinée par l'établissement, aujourd'hui définitif, de la théorie cosmique des étoiles filantes. Les observations de Coulvier-Gravier n'en ont pas moins été fort utiles pour l'établissement même de cette dernière théorie. En 1847 il obtint une allocation du Ministère de la Marine, puis en 1848 un logement au Luxembourg, avec la possibilité d'y continuer ses observations, non dans l'ancien observatoire, où l'horizon Sud n'est pas parfaitement dégagé, mais au-dessus d'un des pavillons de l'Ouest (4), celui qui était sur la face Sud avant l'agrandissement

(1) *J. Mondain-Monval.* SOUFFLOT. *Sa vie. — Son œuvre. — Son esthétique* (1713-1780). Paris, in-8°, 1918, p. 275.

(2) COULVIER-GRAVIER (Reims, 1803 février — † Paris, 1868 février 12). Voir *G. Bresson.* M. COULVIER-GRAVIER. *Sa vie et ses travaux.* Valence, 1848, 4 pages in-4°.

(3) Voir ses deux ouvrages : RECHERCHES SUR LES ÉTOILES FILANTES. *Introduction historique.* Paris, 1847, in-4° (avec Saigey).

RECHERCHES SUR LES MÉTÉORES *et sur les lois qui les régissent.* Paris, 1859, in-8°.

(4) Par rapport à l'Observatoire du dôme boréal, ce point se trouve $95^m,5$ au Sud et $38^m,1$ à l'Ouest. Les coordonnées de ce pavillon sont donc $21^m,2$ E — $1325^m,5$ N (en adoptant pour le dôme de la porte Nord $59^m,3$ E — $1421^m,0$ N que donne le plan actuel de Paris à 2^{mm} par mètre), de sorte que pour l'observatoire de Coulvier-Gravier on a :

$$\Delta \mathfrak{L} = 0' 1'',04 = 0^s,069 \text{E}; \qquad \Delta\varphi = + 0' 42'',92; \qquad \varphi = 48^\circ 50' 53'',92.$$

du palais et qui est aujourd'hui celui du centre : il est reconnaissable aujourd'hui à la balustrade qui entoure la petite terrasse utilisée comme observatoire.

Coulvier-Gravier se crut souvent menacé de perdre cette installation, à laquelle il avait donné finalement le nom assez pompeux d'*Observatoire météoronomique du Luxembourg*, mais il en jouit jusqu'à la fin de sa vie. Même un arrêté ministériel du 27 mars 1868 désigna Chapelas, son gendre et collaborateur, pour lui succéder. Celui-ci continua les observations, toujours dans l'espoir de servir la Météorologie, et communiqua périodiquement ses résultats à l'Académie des Sciences; mais en 1881 on perd ses dernières traces.

HYGIÈNE ALIMENTAIRE. — *Sur l'emploi de l'eau de chaux dans la préparation du pain de munition.* Note (¹) de M. **Balland**.

Par ordre du Ministre de la Guerre, des expériences ont été faites en 1917, dans plusieurs établissements militaires, afin de s'assurer si le pain de munition préparé sur levains, avec des farines blutées à 85 pour 100, était réellement amélioré par l'emploi de l'eau de chaux. Le procédé ne devait pas être appliqué directement sur la farine à 85, mais seulement lorsqu'on disposait de farines en produits séparés, c'est-à-dire de farine blanche, de recoupettes et de fins sons. Les recoupettes et les fins sons à ajouter à la farine blanche pour parfaire le taux de 85 étaient traités à part et dilués avec de l'eau de chaux en quantité suffisante pour obtenir une couleur jaune bien prononcée. Le sel était mêlé à la pétrissée et la bouillie ainsi préparée était incorporée tout au début du pétrissage qui était fait à l'eau ordinaire.

On a observé ce qui suit au cours des opérations.

1. A la boulangerie du laboratoire des Invalides, où l'on a employé de la chaux pure, l'eau de chaux saturée à froid a présenté une composition très variable suivant la durée du contact et le soin apporté à la décantation. L'écart a été de $0^g,67$ à $3^g,11$ de chaux par litre d'eau simplement décantée, telle qu'elle a été employée, alors qu'il était de $0^g,58$ à $1^g,10$ dans la même eau après filtration.

(¹) Séance du 16 juillet 1918.

	Chaux par litre.	
	Eau décantée.	Eau filtrée.
9 octobre................	0,67	Non dosée
10 »	1,33	0,58
11 »	1,88	0,97
12 »	1,43	0,68
17 »	3,11	1,10
18 »	0,92	0,80
18 »	1,20	0,88
18 »	1,45	0,88
19 »	0,98	0,84

2. La quantité d'eau de chaux à ajouter aux sons et recoupettes pour obtenir le virage au jaune prononcé est très variable. Elle est en rapport avec les matières colorantes des diverses variétés de blé et aussi avec l'acidité des sons et recoupettes, qui, suivant leur ancienneté, a été de $0^g,083$ à $0^g,425$ pour 100.

3. L'eau de chaux nécessaire au virage ne fait pas entièrement disparaître l'acidité des sons et recoupettes. Il en résulte que la fermentation panaire qui ne se développe qu'en milieu acide n'est pas détruite. L'acidité des pâtes, depuis la mise en panetons jusqu'au moment de l'enfournement, va toujours en augmentant.

Une pâte préparée à l'eau ordinaire avec de la farine ayant pour acidité 0,085 a donné à la mise en paneton 0,178 et 0,209 à la mise au four 3 heures plus tard. La pâte à l'eau de chaux dans les mêmes conditions a donné 0,127 et 0,168.

Un levain préparé à l'eau de chaux a donné le soir 0,109 et le lendemain matin 0,351. Un levain ordinaire préparé en même temps a donné 0,139 et 0,384.

Il importe de préciser qu'il s'agit de levains jeunes et vigoureux qui sont exclusivement employés dans les établissements militaires, car M. Effront, dont on connaît la haute compétence, a reconnu qu'avec des levains faibles ou des levains forts plus ou moins passés, la présence de la chaux était *franchement nuisible* (1).

(1) Jean Effront (directeur de l'Institut des fermentations de Bruxelles), *Sur l'emploi de la chaux dans la fabrication du pain* (*Moniteur scientifique du Dr Quesneville*, novembre 1917).

4. La quantité de chaux ajoutée au pain est très faible et n'est sensible à la saveur que lorsque l'eau a été mal décantée.

Dans les analyses qui suivent, les pains à la chaux et les pains témoins à l'eau ordinaire ont été préparés avec les mêmes farines. L'acidité a été prise sur la mie dont la teneur en eau (47 à 51 pour 100) est très approximativement celle des pâtes au moment de la mise au four. Les pains entiers, suivant le développement de la croûte, contiennent 36 à 41 pour 100 d'eau. La perte journalière depuis la sortie du four jusqu'au moment de l'analyse a été un peu au-dessus de 1 pour 100, soit, en huit jours, 8 à 10 pour 100.

Provenance.	Dates de la fabrication et de l'analyse (octobre).	Chaux pour 100 de pain		Acidité pour 100 de mie	
		ordinaire.	à la chaux.	ordinaire.	à la chaux.
		g	g		
Paris	4-10	0,050	0,093	»	»
»	9-10	0,052	0,071	»	»
»	10-10	0,060	0,089	»	»
»	17-17	0,035	0,050	»	»
»	18-18	0,045	0,088	0,110	0,104
»	19-19	0,051	0,075	0,266	0,200
»	20-22	0,040	0,095	»	»
Pithiviers	2- 6	0,043	0,043	0,290	0,289
Nuits-sous-Ravières	5-14	0,026	0,044	0,218	0,186
Lyon	5-14	0,068	0,082	0,186	0,161
Bordeaux	11-16	0,034	0,145	0,315	0,198
Marseille	11-18	0,063	0,062	0,195	0,202
Nantes	12-18	0,034	0,037	0,265	0,179
Lyon Part-Dieu	14-19	0,060	0,076	0,221	0,225
Le Mans	15-20	0,046	0,083	0,298	0,280
Salbris	15-24	0,041	0,044	0,321	0,287
Auxerre	15-24	0,054	0,073	0,247	0,241

5. Les avis exprimés au sujet de la qualité des pains sont parfois réservés et même contradictoires. Il est souvent impossible d'établir la moindre différence; cependant, avec les farines très bises, la nuance et la saveur ont paru légèrement améliorées. Rien d'anormal n'a été signalé pour le travail, le rendement et la conservation.

6. Il convient de rappeler qu'en 1855, à une époque où l'alimentation

générale, surtout en Allemagne, était encore si arriérée, Liebig avait proposé d'améliorer le pain en panifiant les farines avec de l'eau de chaux. Il prétendait obtenir ainsi un pain de meilleure qualité, plus développé et de saveur moins acide; le rendement était même augmenté dans la proportion de 129 à 139 pour 100 (¹). Liebig exagérait; les boulangers n'accueillirent par ses propositions.

M. E. **Ariès** adresse une Note intitulée : *Sur les tensions de la vapeur saturée des corps d'une atomicité élevée.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Book of the Opening of the Rice *Institute.*

M. **Lecointe**, élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, adresse des remercîments à l'Académie.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'azoture de zirconium.* Note (²) de MM. P. **Bruère** et Ed. **Chauvenet**, présentée par M. A. Haller.

Deux azotures ont été signalés : Zr^2N^3 et Zr^3N^8.

Le premier (³) s'obtiendrait en chauffant au rouge le chlorure de zirconium (ou le métal lui-même), soit dans un courant d'ammoniac sec, soit dans du cyanogène sec. Quant au second (⁴), il se préparerait en décomposant dans un courant d'azote le dérivé $ZrCl^4.8NH^3$.

L'un de nous ayant repris l'étude des composés ammoniés du chlorure de zirconium, nous avons été conduits d'une part à rechercher la

(¹) Liebig, *Moyen d'améliorer et de désacidifier le pain de ménage et le pain de munition* (*Journal de Pharmacie et de Chimie*, t. 27, 1855, p. 75).

(²) Séance du 22 juillet 1918.

(³) Mallet, *Am. J. Soc.*, t. 28, 1859, p. 346.

(⁴) Wölher, *Ann. Chem. Pogg.*, t. 48, 1839, p. 94.

constitution de la combinaison tétra-ammoniée et d'autre part à étudier l'action de la chaleur sur ce corps. Le résultat des recherches relatives à l'action de la chaleur peut être résumé de la manière suivante : à 195°, tous les dérivés ammoniés du chlorure de zirconium fournissent la combinaison à 4^{mol} de NH^3; si l'on chauffe celle-ci à une température supérieure, elle ne perd pas de gaz ammoniac, mais du gaz chlorhydrique et, en cherchant à analyser quantitativement cette décomposition, nous avons constaté, entre 225° et 250°, le départ de 4^{mol} de HCl et la formation de l'amidure $Zr(NH^2)^4$.

La décomposition est la même et dans une atmosphère d'hydrogène et dans une atmosphère d'ammoniac.

Il était vraisemblable d'admettre qu'à une température plus élevée, l'amidure se transformerait en imidure, et c'est bien ce que nous avons pu constater. Mais il nous a été impossible de limiter la réaction à la seule obtention de l'imidure; en effet nous avons toujours eu en mains un produit mélangé d'une faible quantité d'azoture. Cependant vers 350°, la décomposition de l'imidure est complète et nous avons isolé l'azoture pur Zr^3N^4. Les réactions peuvent être interprétées de la manière suivante :

$$Zr(NH^3)^4Cl^4 = 4HCl + Zr(NH^2)^4,$$
$$Zr(NH^2)^4 = 2NH^3 + Zr(NH)^2 \text{ (impur)},$$
$$3Zr(NH)^2 = 2NH^3 + Zr^3N^4 \quad (^1).$$

Cet azoture est blanc-grisâtre, insoluble et inaltérable dans l'eau; la potasse à la fusion le décompose en zircone avec dégagement d'ammoniac.

Le résultat précédent, se trouvant en désaccord avec celui qu'a signalé Wöhler, nous avons repris, en partie, les travaux de nos devanciers. A remarquer tout d'abord que l'azoture de Wöhler Zr^3N^8 contiendrait 70,82 pour 100 de zirconium et que l'imidure en renferme 75,1 pour 100; or ces nombres ne sont pas très éloignés, il est donc possible que le produit de Wöhler n'était autre que l'imidure mélangé d'un peu d'amidure. D'une part, nous avons donc chauffé du chlorure de zirconium dans un

(1) Résultats de l'analyse :

	Calculé pour 100		Trouvé pour 100	
	Zr.	N.	Zr.	N.
Zr^2N^3	81,18	18,82	»	»
Zr^3N^8	70,82	29,18	»	»
Zr^3N^4	82,9	17,1	82,75	16,82

courant d'ammoniac sec; nous avons chauffé, d'autre part, le composé $ZrCl^4.8NH^3$ dans un courant d'azote sec : dans nos expériences (faites à des températures différentes et comprises entre 350° et 650°), nous avons toujours obtenu le même azoture Zr^3N^4. Il est donc probable que le zirconium ne fournit qu'un seul azoture Zr^3N^4 et que les autres azotures Zr^2N^3 et Zr^3N^8 n'existent pas; ce résultat est en accord avec la tétravalence constante de cet élément.

GÉOLOGIE. — *Mesure de la température dans les sondages à grande profondeur.* Note de M. **Verzat**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Pour prendre la température au fond du sondage de Saint-Jean-d'Hérans, le plus profond de France, qui se terminait à 1616^m,55 de profondeur, il fut décidé d'employer notre nouveau procédé, qui, croyons-nous, joint à sa simplicité une certitude que ne donnaient pas les procédés longs et compliqués précédemment employés. Voici comment l'opération fut conduite :

Deux thermomètres à mercure ordinaires, de même fabrication, ont été sectionnés avec un tiers-point au 40e degré de leur graduation (la température à mesurer était supposée supérieure à 40°).

Après avoir vérifié que les thermomètres une fois sectionnés étaient restés en concordance avec un thermomètre étalon, ils ont été descendus au fond du sondage, simplement protégés par une gaine non étanche. L'un d'eux, réservoir en haut, l'autre réservoir en bas. Ils ont été maintenus une heure au fond du sondage, que les sédiments envasent en quelques minutes sur plusieurs mètres de hauteur, ce qui fait que l'échange de température par circulation d'eau n'était pas à craindre et que les thermomètres ont bien pris la température de la roche à la profondeur de 1616^m,55 à laquelle ils ont été descendus.

Cette température ayant été, comme nous le supposions, supérieure à 40°, il s'est échappé du mercure de chaque thermomètre.

Ces thermomètres, ayant été remontés, ont été plongés, avec le thermomètre étalon, dans une cuve progressivement chauffée; le mercure dans chacun d'eux a atteint le sommet 40°, au même moment. Le thermomètre étalon marquait alors 62°,5, représentant la température au fond du sondage.

La température moyenne du lieu étant de 12°,5, il en résulte que la longueur du degré géothermique du lieu est de 32^m,30.

Il n'est pas indispensable de se servir d'une cuve pour comparer les

thermomètres; il suffit, après les avoir remontés, d'ajouter à 40°, point de sectionnement des thermomètres, la différence entre les températures qu'ils indiquent et celle indiquée par le thermomètre étalon, quand ils sont tous les trois placés côte à côte dans un milieu où la température restera constante pendant la lecture.

Nous aurions pu nous contenter de descendre un seul thermomètre, mais, pour une première expérience, nous désirions avoir un moyen de contrôle. Ce dernier était d'ailleurs motivé par les expériences suivantes auxquelles nous avions procédé.

Nous avions bien constaté :

1° Que, en prenant dans la main le tube d'un thermomètre coupé réservoir en haut, et en frappant très fort le poing sur une table, le mercure ne sortait pas, mais nous ne pouvions pas affirmer avec complète certitude qu'il en serait ainsi sous l'influence de chocs plus puissants, notamment de ceux qui se produisent quand on fait reposer violemment la colonne sur chaque manchon pour la dévisser;

2° Qu'un thermomètre coupé étant placé immobile, verticalement, réservoir en haut, le mercure sous l'influence de la température sortait en formant une suite de gouttelettes qui roulaient lorsqu'elles atteignaient un volume représenté par celui de 2 à 3 degrés (sur le thermomètre expérimenté). Peut-être leur volume eût été plus grand si le thermomètre avait été dans l'eau.

Or, en laissant baisser la température, avant la formation complète d'une gouttelette, nous constatâmes que le mercure de cette gouttelette en formation rentrait dans le thermomètre.

Pour éviter cet inconvénient, nous avions songé un instant à recouvrir le haut du thermomètre d'une petite douille dépassante, qui aurait été remplie de limaille ou de feuilles d'étain qui, s'amalgamant, auraient empêché ce retour intempestif du mercure. Nous croyons cependant toutes ces précautions inutiles, car les chocs font se détacher tout le mercure qui sort sous l'influence de la température; elles n'ont été prises que pour éviter toute critique à ce premier essai.

Les dangers d'erreurs 1° et 2° étant de sens contraire et les thermomètres ayant donné à Saint-Jean-d'Hérans chacun la même indication, on a tout lieu de croire cette dernière exacte.

BOTANIQUE. — *La trace foliaire des Légumineuses-Cæsalpiniées.* Note [1] de M. F. **Morvillez**, présentée par M. Guignard.

Le type moyen. — La trace foliaire des *Légumineuses-Cœsalpiniées* [2], sous sa forme la plus simple, est constituée par une chaîne plissée, continue ou à faisceaux juxtaposés. Chez le *Gymnocladus canadensis* Lamk. (*fig.* I), on distingue à droite et à gauche deux régions plus saillantes vers l'extérieur (*région marginale*, *m*, *m'* et *pli externe e*, *e'*), séparées par une région plus intérieure (*pli interne i*, *i'*). Entre les deux régions marginales droite et gauche, s'étend un arc antérieur qui, en son milieu, s'infléchit vers l'intérieur de l'organe.

Dans le cas du *Gleditschia triacanthos* L. (*fig.* II), le pli externe est subdivisé en deux autres par un pli interne supplémentaire (*is*, *is'*); les régions marginales sont plus saillantes vers la face supérieure que dans le cas précédent.

Chez le *Ceratonia siliqua* L. [3] (*fig.* III), la trace foliaire présente très accusés les *plis externes* (*e*, *e'*) et *internes* (*i*, *i'*). L'arc antérieur, en son milieu, présente une portion horizontale assez courte (*plateau*) qui se relie aux régions marginales droite et gauche (*m*, *m'*) par deux lignes courbes en forme de *crosses* (*c* et *c'*).

Cet aspect de la trace foliaire se retrouve à la base du pétiole de beaucoup d'autres *Cœsalpiniées*, chez lesquelles le système fasciculaire se complique plus haut par suite des modifications suivantes :

1° *Accentuation simultanée des plissements latéraux et de l'invagination de l'arc antérieur vers l'intérieur de la trace foliaire.*

Les boucles symétriques, limitées chacune par le *pli interne* (*i*, *i'*) et l'*arête* correspondante (*r*, *r'*) du plateau, se détachent sous forme d'anneaux fermés (*fig.* IV et V). Ces anneaux restent indépendants dans le *Copahi-*

---

(1) Séance du 16 juillet 1918.

(2) Le système conducteur des feuilles des Légumineuses a été étudié par divers auteurs, notamment par M. Petit (1887) et, incidemment, par MM. Bouygues (1902) et Col (1904). Les méthodes et les conclusions de M. Petit diffèrent sensiblement des nôtres.

(3) M. Petit avait déjà relevé l'importance de ce type.

fera Langsdorfii Desf.; chez les *Cassia*, ils sont réduits à un arc de cercle qui représente leur bord externe; dans le *Cercis siliquastrum* L., ces anneaux, d'ailleurs très développés, se rapprochent, peu au-dessus du

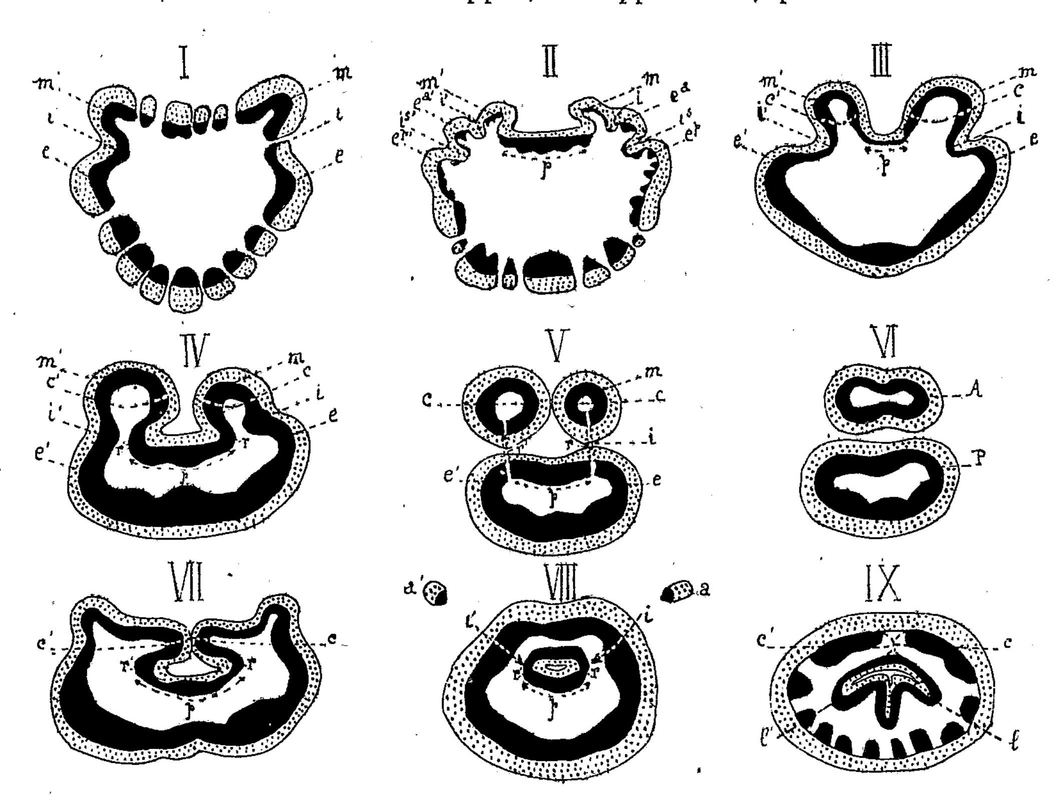


Fig. I à IX. — *Traces foliaires de Légumineuses-Cæsalpiniées.*

I. *Gymnocladus canadensis* Lamk. (sommet du pétiole); II. *Gleditschia triacanthos* L. (id.); III. *Ceratonia siliqua* L. (id.); IV, V, VI, *Cercis siliquastrum* L. (série ascendante de coupes dans le pétiole); VII et VIII. *Bauhinia reticulata* D. C. (id.); IX. *Hymenæa coriacea* Mart. (sommet du pétiole).

Le bois a été figuré par une teinte noire uniforme, le liber par un pointillé; *m*, *m'*, régions marginales droite et gauche; *e*, *e'*, plis externes; *i*, *i'*, plis internes; *is*, *is'*, plis internes supplémentaires partageant les plis externes en plis externes antérieurs (*ea*, *ea'*) et plis externes postérieurs (*ep*, *ep'*); *p*, plateau; *r*, *r'*, arêtes du plateau; *c*, *c'*, crosses; A, anneau antérieur; P, anneau postérieur; *a*, *a'*, faisceaux antérieurs; *l*, *l'*, expansions latérales du système intérieur.

niveau où ils se sont détachés, du reste de la chaîne et s'unissent dans le plan de symétrie de l'organe en un anneau unique (*fig.* VI).

2° *Accentuation de l'invagination de l'arc antérieur, les plis internes ne se formant pas ou ne se formant qu'à un niveau élevé du pétiole.*

Chez le *Bauhinia reticulata* D. C. (*fig.* VII), à la base du pétiole, la forme de la trace foliaire est la même que dans les types précédents au même niveau, à cette différence près que les plissements latéraux sont faiblement indiqués ou très rapprochés des régions marginales. Les crosses droite et gauche (*c* et *c'*) entrent en contact par leur face convexe; la continuité de la trace est rompue suivant ce point de contact, les tronçons symétriques se soudent, d'où la fermeture de la chaîne en avant et l'inclusion d'une partie de l'arc antérieur (*fig.* VIII).

A la base du pétiole se détachent fréquemment deux faisceaux antérieurs (*a* et *a'*) qui reprennent leur position primitive au sommet de cet organe. A ce niveau, d'ailleurs, par une série de modifications inverses de celles qui viennent d'être décrites, la trace foliaire reprend sensiblement la forme qu'elle avait à la base du pétiole.

Pour le *Bauhinia diphylla* Ham., le parcours des masses vasculaires est le même que pour le type précédent, mais les plis internes se forment vers la région supérieure du pétiole (suivant les flèches *i* et *i'* de la figure VIII) et se soudent au système intérieur. La trace foliaire est alors constituée par deux anneaux superposés comme dans le cas du *Cercis* (*fig.* VI). La différence entre ces deux types résulte simplement de l'apparition des plissements latéraux à un autre niveau.

Chez l'*Hymenæa coriacea* Mart., un système intérieur se différencie comme chez les *Bauhinia*, mais présente trois expansions (les expansions latérales correspondent au système intérieur des nervures principales).

En résumé, les traces foliaires des *Légumineuses-Cæsalpiniées*, malgré les aspects « singuliers » (Petit) de certaines d'entre elles, se relient très naturellement les unes aux autres et présentent un ensemble de caractères communs. Nous distinguons, dans leur arc postérieur, les plissements déjà signalés chez les *Rosacées* [1]; leur arc antérieur très développé [2] peut donner naissance à des systèmes dits *médullaires* analogues, comme aspect et comme origine, à ceux que nous avons constatés chez les *Chrysobalanées* [3].

---

(1) F. Morvillez, *La trace foliaire des Rosacées* (*Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 597).

(2) Sauf chez certains types du genre *Cæsalpinia* où, ces deux régions marginales étant très rapprochées, l'arc antérieur est très réduit.

(3) F. Morvillez, *La trace foliaire des Chrysobalanées* (*Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 859).

On rencontre, de plus, chez les *Cœsalpiniées*, des formes, étroitement liées aux précédentes, qui possèdent des anneaux ou des faisceaux dits *corticaux* analogues à ceux que l'on trouve dans les autres sous-familles de *Légumineuses*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la loi d'action de la sucrase.* Note de M. **H. Colin** et Mlle **A. Chaudun**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On sait que l'inversion du sucre cristallisable sous l'action de la sucrase s'effectue de telle sorte que le rapport $\frac{\frac{dx}{dt}}{a-x}$ de la vitesse d'hydrolyse à la concentration en saccharose croît avec le temps, au lieu de rester constant comme c'est le cas dans l'inversion chlorhydrique.

Il en résulte que les valeurs de x calculées par la formule de Wilhelmy, $x = a(1 - e^{-kt})$, sont inférieures aux valeurs déduites des lectures polarimétriques ou des dosages à la liqueur cupro-potassique; c'est ce qu'indique le Tableau suivant qui donne, pour des concentrations initiales, a variant de 1^g à 20^g pour 100, les différences entre les poids x de sucre hydrolysé fournis par le polarimètre et les poids x' tirés de l'équation $x = a(1 - e^{-kt})$.

Temps en quarts d'heures.	Différences $x - x'$.			
	$a = 20^g$.	$a = 10^g$.	$a = 4^g$.	$a = 1^g$.
	g	g	g	g
1..........	»	»	»	»
2..........	0,020	0,010	0,012	0,003
3..........	0,021	0,014	0,014	0,001
4..........	0,080	0,044	0,050	0,003
5..........	0,177	0,164	0,068	0,007
6..........	0,210	0,210	0,117	0
7..........	0,310	0,308	0,178	0,016
8..........	0,525	0,510	0,217	0,028
9..........	0,793	0,586	0,222	0,084
10..........	0,967	0,718	0,239	0,098
11..........	1,103	0,820	0,242	»
12..........	1,237	»	0,273	»
13..........	1,372	»	0,317	»
14..........	1,647	»	0,339	»
15..........	»	»	0,384	»

Ces divergences ont conduit les auteurs à imaginer des formules empiriques : formules de Bodenstein, de V. Henri, etc., rendant compte, avec une approximation souvent suffisante, de la marche de la réaction.

Cependant, une conclusion se dégage nettement de l'examen du Tableau précédent : la quantité de sucrase étant la même dans toutes les liqueurs soumises à l'expérience, les différences $x - x'$ sont d'autant plus faibles que a est lui-même plus petit; autrement dit, la loi d'action de la sucrase est d'autant plus voisine de la loi logarithmique que la concentration en sucre est moins grande. On peut donc prévoir qu'à partir d'une certaine valeur du rapport $\frac{\text{saccharose}}{\text{sucrase}}$, la formule de Wilhelmy sera rigoureusement applicable; c'est en effet ce que l'expérience permet de vérifier.

On a fait agir 5^{cm^3} d'une sucrase très active sur des liqueurs sucrées assez diluées, l'hydrolyse s'effectuant dans le tube polarimétrique lui-même, maintenu à une température constante.

Voici quelques-uns des résultats obtenus :

Temps en quarts d'heures.	Concentration initiale : $a = 0^g,5$ pour 100.				Concentration initiale : $a = 1^g$ pour 100.			
	α.	x.	x'.	$x - x'$.	α.	x.	x'.	$x - x'$.
	° ′	g	g	g	° ′	g	g	g
0...	1.40	»	»	»	3.20	»	»	»
1...	46	0,206	0,206	»	1.38	0,413	0,413	»
2...	14	0,319	0,328	−0,009	30	0,651	0,655	−0,004
3...	− 4	0,398	0,398	0	− 6	0,789	0,798	−0,009
5...	− 20	0,459	0,465	−0,006	− 40	0,920	0,931	−0,011
7...	− 26	0,483	0,488	−0,005	− 52	0,966	0,977	−0,011
11...	− 30	0,498	0,497	+0,001	−1.00	0,994	0,996	−0,002
	$a = 1^g,5$ pour 100.				$a = 2^g$ pour 100.			
0...	5.00	»	»	»	6.40	»	»	»
1...	2.20	0,613	0,613	»	3. 4	0,827	0,827	»
2...	36	1,010	0,990	+0,002	58	1,310	1,310	0
3...	− 12	1,195	1,189	+0,006	− 14	1,586	1,596	−0,01
5...	−1.00	1,380	1,391	−0,011	−1.20	1,840	1,860	−0,02
7...	−1.20	1,456	1,461	−0,005	−1.48	1,946	1,953	−0,007

Les quantités $x - x'$ sont très petites et inférieures aux erreurs d'expérience, une différence de 2′ dans une lecture polarimétrique entraînant une erreur sur x de $0^g,015$ lorsqu'on se sert du tube à 5.

Reste à étudier le phénomène dans le cas de concentrations absolument quelconques, et à rechercher dans quelle mesure les diverses hypothèses introduites par les auteurs : influence de la viscosité, influence des produits de la réaction, possibilité d'une combinaison intermédiaire entre l'enzyme et le sucre, permettent d'interpréter la marche de la réaction générale.

HISTOLOGIE. — *Sur la régénération épithéliale.* Note de M. F. **Ladreyt**, présentée par M. Edmond Perrier.

Pour certains histologistes les éléments épithéliaux pourvoient d'eux-mêmes à leur intégrité; d'autres considèrent, au contraire, le tissu conjonctif comme le régénérateur des épithéliums. Ces deux théories nous paraissent trop exclusives et semblent méconnaître la merveilleuse plasticité de la matière vivante qui, pour réaliser ses fins, se montre tantôt spécifiste, tantôt indifférentiste.

Dans l'intestin du Siponcle, par exemple, l'épithélium est essentiellement constitué par deux sortes d'éléments : l'élément vibratile et la cellule glandulaire. Nous avons observé, dans les cellules ciliées, de nombreuses amitoses et nous croyons que la division directe est le mode le plus général de rénovation de ces éléments. Au contraire, les éléments glandulaires et plus spécialement les cellules à ferment de la deuxième section de l'intestin se régénèrent par la mitose d'éléments indifférenciés dépourvus de cils vibratiles, de granulations basilaires, etc. et dont le cytoplasme, assez transparent, a perdu toute affinité pour les colorants plasmatiques. Les cellules rénovatrices sont situées, le plus généralement, entre les plages de cellules à ferment ou disséminées sans ordre apparent parmi les éléments glandulaires de ces plages. Leur évolution est un peu spéciale. Le cytoplasme des éléments indifférenciés se condense progressivement dans la zone apicale et paraît entraîner la région basilaire de la cellule qui peu à peu ne présente plus de connexion avec la basale; d'autre part, le noyau présente une antéropulsion très nette et devient tangent à la surface libre de la cellule. A la suite de ces phénomènes, la cellule épithéliale cylindrique ou prismatique devient plus ou moins globuleuse et présente un noyau dont la chromatine est tantôt disposée très régulièrement sur un réseau de plus en plus apparent, tantôt rassemblée en un spirème perpendiculaire ou parallèle à la surface libre de la cellule. Le phénomène mitotique s'accentuant donne naissance

à deux éléments qui, à leur tour, peuvent être le siège d'un certain nombre de divisions. Ainsi se forment des centres de rénovation épithéliale constitués par des groupes d'éléments indifférenciés situés dans le voisinage immédiat de la lumière intestinale qu'ils limitent; parmi les cellules de néo-formation, certaines se transforment en cellules glandulaires ou *trophocytes* caractérisés par un noyau toujours nucléolé et très riche en chromatine, d'autres différencient un appareil vibratile, des granulations basilaires, etc., pour constituer des éléments ciliés toujours anucléolés.

Ces observations nous autorisent à conclure que, chez le Siponcle, l'épithélium intestinal se rénove par ses propres moyens; en aucun cas, le tissu conjonctif ne nous a paru faire de l'épithélium comme semble le supposer Hérubel : cet épithélium est donc spécifiste. Il serait imprudent de généraliser; en effet, l'étude de l'épidermisation des plaies que nous avons eu l'occasion d'observer depuis le début de la guerre nous a démontré que la spécificité cellulaire n'est pas un dogme intangible.

Dans les blessures qui ne s'accompagnent pas d'une grande perte de substance, la réparation épidermique se fait par glissement des cellules *épithéliales* voisines, ou bien encore par prolifération de l'*épithélium* du bourrelet marginal : nous sommes donc ramenés au cas de l'épithélium intestinal de notre Siponcle. Au contraire, lorsqu'une large surface épithéliale a été détruite, nous observons, en *plein tissu conjonctif*, la différenciation d'îlots, d'épidermisation dont les éléments évoluent aux *dépens du tissu conjonctif*. Ces centres de rénovation sont le siège de mitoses très actives qui donnent naissance à de larges plages cellulaires dont les éléments, d'abord globuleux, s'aplatissent progressivement et se portent à la rencontre du liséré épidermique situé à la périphérie de la plaie. Les très nombreuses observations que nous avons faites ne nous permettent pas de confirmer les conclusions des histologistes pour qui cette rénovation serait provoquée soit par la persistance de certaines cellules du réseau de Malpighi ou de quelques cellules sudoripares épargnées par la lésion, soit par une sorte de greffe consécutive à la migration d'un certain nombre d'éléments épidermiques accidentellement détachés de la périphérie.

Conclusions. — L'épithélium se régénère : 1° par ses propres moyens (rénovation physiologique normale); 2° aux dépens du tissu conjonctif (rénovation pathologique anormale); 3° les processus de régénération épithéliale ou d'épidermisation paraissent déterminés par l'importance de la

brèche à réparer; 4° cellules vibratiles et cellules glandulaires représentent les formes âgées d'un même élément histologique, la *cellule épithéliale* qui s'est différenciée spécifiquement par simple vieillissement ontogénétique.

BACTÉRIOLOGIE. — *De la fièvre paratyphoïde B expérimentale. Du mécanisme de l'immunité dans la paratyphoïde B. De la vaccination par la voie buccale.* Note ([1]) de M. A. **Besredka**, présentée par M. Roux.

Les animaux de laboratoire étant réfractaires à l'administration du virus paratyphique B *per os*, il a été jusqu'à présent impossible de reproduire expérimentalement la paratyphoïde B humaine.

En introduisant du virus par la voie veineuse, on supplée, en partie, à l'insensibilité de la voie buccale. Nous avons pu constater, en effet, que les bacilles paratyphiques B, injectés dans le sang, se retrouvent en grand nombre tout le long de la nuqueuse intestinale et y créent des liaisons comparables à celles de la paratyphoïde humaine.

L'inoculation du virus dans les veines offre cependant un inconvénient avec lequel on doit compter lors des essais de vaccination. Pour provoquer par la voie veineuse des lésions mortelles, il faut des doses massives de virus (0,2 culture sur gélose pour un lapin de 2^{kg} environ). La mort dans ce cas est moins due à l'infection qu'à l'intoxication provoquée par la mise en liberté de l'endotoxine. Or, s'il est, en général, facile de lutter contre l'élément infectieux d'une maladie, rien n'est aussi difficile que de neutraliser l'effet de l'endotoxine ([2]).

Pour tourner la difficulté, deux possibilités se présentaient à nous : essayer d'exalter la virulence du bacille paratyphique ou abaisser la résistance naturelle du lapin.

Les tentatives pour exalter la virulence de la culture nous ont donné des résultats médiocres. Après une quinzaine de passages par lapin (et souris), la virulence, en injection intraveineuse, s'est accrue de deux fois à peine. Pour l'empêcher de revenir au taux initial, il a fallu renouveler souvent les

---

([1]) Séance du 22 juillet 1918.

([2]) *Bulletin de l'Institut Pasteur*, t. 12, 28 février et 15 mars 1914; *Annales de l'Institut Pasteur*, juillet 1905, février 1906.

passages. En injection, la virulence de la culture demeura ce qu'elle était avant les passages, c'est-à-dire pratiquement nulle.

Il ne nous restait qu'à tenter de faire fléchir l'immunité naturelle. On connaît les expériences classiques mettant en œuvre l'effet du refroidissement, des injections d'acides, de microbes, etc. Notre intention était de trouver un artifice ne portant aucun préjudice à l'état général de l'animal. Les expériences nous ayant montré que le virus introduit *per os* est principalement arrêté au niveau de la muqueuse de l'intestin grêle, c'est à modifier cette dernière que nous avons surtout visé. Nous y sommes parvenu en faisant absorber au lapin de la bile de bœuf. En effet, la bile donnée par la bouche, non seulement contribue à enrichir l'intestin en virus paratyphique introduit *per os*, mais encore elle intensifie considérablement la sécrétation biliaire propre du lapin, et, ce qui plus est, elle favorise, par suite de la desquamation de la muqueuse intestinale, le passage du virus et sa généralisation.

En sensibilisant de la sorte le lapin avec de la bile, on constate que sa réceptivité vis-à-vis du virus paratyphique se trouve effectivement abaissée : d'une part, en introduisant le virus *per os*, on reproduit la paratyphoïde B mortelle (résultats inconstants) et, d'autre part, en introduisant le virus dans les veines, on provoque des lésions mortelles avec une dose au moins cinq fois inférieure à la dose normale (0,02-0,04 au lieu de 0,2 culture).

Dans les deux cas, que le virus soit inoculé *per os* ou dans le sang, les signes cliniques et anatomiques sont les mêmes. Ce qui frappe surtout à l'autopsie, c'est, d'abord, l'aspect quasi transparent de l'intestin grêle, charriant des amas d'épithélium desquamé, puis les dimensions inusitées de la vésicule biliaire.

Cette sensibilisation au moyen de la bile ouvre la voie au contrôle expérimental des vaccins. Elle nous éclaire, de plus, sur le mécanisme de l'immunité vis-à-vis du virus paratyphique.

Nous voyons, en effet, que l'immunité naturelle est intimement liée à l'intégrité de la muqueuse intestinale; cette immunité est donc d'essence locale, au moins en grande partie.

Il en est de même de l'immunité artificielle, acquise à la suite d'une légère atteinte de paratyphoïde. Les expériences, sur lesquelles nous ne pouvons pas nous étendre ici, montrent que cette immunité artificielle ne s'accompagne point de production d'anticorps, et que c'est l'intestin grêle, tout comme dans le cas d'immunité naturelle, qui oppose, lors de la réinfection, une barrière à la pénétration du virus dans le sang.

Peut-on créer l'immunité, c'est-à-dire vacciner contre la fièvre paratyphoïde, en faisant avaler au lapin des cultures mortes de bacilles paratyphiques?

L'expérience nous répond par la négative : des lapins auxquels on fait ingérer des quantités même grandes ($\frac{1}{4}$ de culture sur boîte de Roux) de bacilles paratyphiques chauffés (60°, 1 heure), ne se vaccinent pas, et lorsque, 8 jours plus tard, on les soumet à l'épreuve mortelle, *per os* ou par les veines, ils succombent dans le même délai que les témoins.

Mais, si avant de faire ingérer au lapin les bacilles tués, on prend soin de le sensibiliser au moyen de la bile, l'effet est tout autre : le lapin devient parfaitement vacciné et supporte l'inoculation dans les veines d'une dose de virus mortelle pour le témoin. L'immunité s'établit rapidement, en 3 ou 4 jours, ce qui exclut la participation d'anticorps. L'immunité est donc locale.

En résumé : 1° la vaccination *per os* au moyen de cultures chauffées, après sensibilisation par la bile, rend l'animal réfractaire à l'infection paratyphoïde;

2° Cette immunité acquise, ainsi que celle que l'animal possède naturellement, relèvent de l'immunité intestinale locale.

RADIOLOGIE. — *Sur une unité radiothérapique de quantité*. Note de M. **H. Bordier**, transmise par M. Armand Gautier.

La radiothérapie est, comme on sait, l'emploi des rayons X dans un but thérapeutique.

La mesure des quantités de rayons appliquées dans chaque cas doit être faite avec le plus de soins et d'exactitude possible. Mais pour évaluer les doses appliquées, il était de toute nécessité de faire choix d'une unité de quantité : différentes propositions d'unités ont été faites dans ce but; on peut citer l'unité H, l'unité V, l'unité X, l'unité K, l'unité S-N.

Toutes ces prétendues unités sont basées sur une réaction cutanée et par conséquent sur un élément essentiellement variable : ainsi l'unité H (la plus employée) est « le cinquième de la quantité de rayons X compatible avec l'intégrité de la peau et n'amenant sur la peau du visage de l'adulte qu'une très légère réaction inflammatoire ».

L'unité H avait été primitivement décrite comme étant le tiers de cette même dose ! (Holzknecht.)

Il est superflu de faire remarquer combien cette unité est vague et sujette à des variations; elle ne correspond pas à une quantité définie.

J'ai essayé d'établir une unité de quantité basée sur une réaction physico-chimique : après avoir étudié préalablement le mécanisme et les variations de virage de différents platino-cyanures, et surtout de celui de baryum, sous diverses influences (dessiccation, percussion, échauffement, rayons X), j'ai cherché à utiliser cette étude pour la mesure des quantités de rayons X dans la pratique radiothérapique et j'ai établi un chromo-radiomètre possédant cinq teintes principales, suffisantes pour tous les cas cliniques.

C'est en cherchant à évaluer les doses de rayons correspondant au virage du platino-cyanure à ces cinq teintes que j'ai été amené à établir une unité de quantité : à défaut d'un phénomène purement électrique j'ai choisi une substance capable de subir, sous l'influence des rayons X, une modification pouvant être déterminée par la balance. Cette substance, c'est la solution d'iodoforme dans le chloroforme au titre de 2 pour 100 : les rayons agissent sur cette solution en libérant de l'iode dont le poids peut servir de mesure à la quantité de rayons X ayant agi sur la solution.

Avec l'aide de M. Galimard, je suis arrivé à déterminer le poids d'iode libéré : nous avons employé la méthode colorimétrique très sensible. Nous avons préalablement préparé une série de douze solutions titrées dans le chloroforme et contenant par centimètre cube de $0^{mg},3088$ à 2^{mg} d'iode.

Ces solutions titrées étaient placées dans des récipients de même diamètre que ceux contenant la solution d'iodoforme à soumettre aux rayons X, et scellés à la lampe.

Pour que la comparaison puisse se faire dans de bonnes conditions, ces récipients étaient vus à travers une surface transparente colorée en jaune du même ton que celui de la solution d'iodoforme dans le chloroforme non irradiée.

Celle-ci était prise sous une épaisseur de 1^{cm}; l'incidence était normale et les irradiations se faisaient à l'abri de la lumière. Nous avons reconnu que la proportion d'iode libérée par l'effet des rayons X est bien régulière et proportionnelle aux temps d'irradiation, comme le montrent les nombres suivants :

Durée d'irradiation.	Iode libéré.
	mg
6 minutes	0,33
10 minutes 30 secondes	0,57
19 minutes	1,03
28 minutes 30 secondes	1,50

Après plusieurs dosages, j'ai trouvé que l'ordre de grandeur du poids d'iode libéré pouvant être choisi pour établir l'unité de quantité était de $\frac{1}{10}$ de milligramme : en effet, après une irradiation faite dans des conditions identiques à celles de la pratique radiothérapique dans les cas les plus fréquents, le poids d'iode mis en liberté dans l'unité de volume de la solution d'iodoforme est voisin de $\frac{4}{10}$ de milligramme.

L'unité de quantité radiothérapique ainsi établie peut être définie de la façon suivante : *c'est la quantité de rayons X capable de mettre en liberté* $\frac{1}{10}$ *de milligramme d'iode dans* 1^{cm^3} *d'une solution chloroformique d'iodoforme à* 2 *pour* 100, *sous l'épaisseur de* 1^{cm} *et à l'abri de la lumière.*

Cette unité repose sur des données physiques précises, ce qui est loin d'être le cas des autres prétendues unités précédemment citées.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Séminome du testicule du lapin avec greffe et généralisation à la deuxième génération.* Note de MM. **Alexandre Paine** et **Albert Peyron**, présentée par M. Roux.

Les tumeurs du lapin sont rares; sur près de 40 cas connus, la moitié se rapporte à l'épithélioma utérin. Les tumeurs du testicule n'avaient pas encore été signalées, en dépit de la fréquence des traumatismes et des morsures chez les mâles laissés en commun.

L'un de nous en a observé un cas sur un lapin de son élevage et la tumeur a pu être transmise avec succès. C'est, à notre connaissance, la première tumeur du lapin, et dans l'étude expérimentale du cancer, la première tumeur de cellules génitales mâles dont la greffe ait été réalisée.

Le lapin porteur de la tumeur spontanée, entré en 1907 au laboratoire, fut utilisé en 1909 pour des recherches expérimentales sur le rhumatisme et l'on put reproduire chez lui une arthrite rhumatismale du genou suivie de guérison. Ultérieurement, l'animal complètement rétabli fit souche, durant plusieurs années, de nombreux descendants d'aspect normal. Au début de 1915 il présentait une tuméfaction du testicule droit qui augmenta progressivement et s'accompagna d'une altération de l'état général. En novembre 1915, devenu complètement impotent, il fut sacrifié, âgé d'environ 8 ans.

A l'autopsie, tumeur du testicule, assez dure et bosselée, offrant à la section des bandes jaunâtres et irrégulières de nécrose. La greffe pratiquée au trocart sur six adultes de 15 à 18 mois (dans la masse du testicule) sur quatre jeunes de 2 mois (sous la peau) ne fut positive que pour un des adultes. Des cinq autres, trois moururent assez rapi-

dement avec des symptômes voisins de l'état de shock, deux survécurent et se rétablirent complètement. Chez les jeunes, résultat complètement négatif. Chez l'animal positif l'évolution fut excessivement lente (pas de nodules perceptibles au deuxième mois); au bout d'un an le néoplasme avait doublé le volume du testicule. En 1917 apparut un nodule sous-cutané du volume d'une lentille qui marqua le début de l'ulcération. Au début de 1918, le lapin était fortement émacié et présentait des nodules volumineux en divers points de l'abdomen; il fut sacrifié en juin, soit 2 ans et demi après la greffe.

A l'autopsie, testicule droit, complètement envahi par la greffe cancéreuse, mais gardant toutefois sa configuration normale à son extrémité inférieure. Le testicule gauche en ectopie lombaire est atrophique et d'apparence indemne. Une masse pelvienne allongée paraissant provenir d'une adénopathie ilio-inguinale droite comprime le rectum et l'uretère et s'élève jusqu'aux vertèbres lombaires. Adénopathies prévertébrales sur toute la hauteur du bord interne des deux reins, mais plus anciennes et plus marquées à droite. Les deux capsules surrénales sont envahies. Dans le mésentère d'une anse grêle, nodules confluents atteignant le volume d'une grosse noisette. Dans l'épigastre, volumineux gâteau néoplasique étendu de la rate au lobe droit du foie, remplissant l'arrière-cavité des épiploons, englobant le pancréas et le duodénum. Hydronéphrose du rein droit consécutive à la compression de l'uretère; foie, rate, rein et diaphragme indemnes de métastases macroscopiques. Cavité pleurale libre, poumons envahis par des nodules métastasiques blanchâtres, plus nombreux à droite.

Examen histologique. — Les dispositions sont celles du séminome, néoplasie typique de la lignée germinale, connue depuis longtemps chez l'homme, soit à l'état pur (Chevassu), soit associée au tératome (Ewing) (1); récemment étudiée chez le cheval (Borrel et Masson) (2) et chez le chien (Goodpasture) (3). L'origine du séminome aux dépens des spermatogonies, bien qu'assez plausible, n'a pas encore été démontrée. L'étude de notre tumeur est favorable à l'hypothèse de son origine aux dépens de tubes séminifères en voie de régression et d'unification cellulaire, qu'on retrouve du reste irrégulièrement disséminés au milieu des éléments néoplasiques.

Ces derniers affectent une topographie variable, mais une tendance uniforme à la dissémination sous forme de petits nids cellulaires (de 3 à 10 cellules en moyenne) englobés dans un stroma fibreux assez abondant. Ce dernier caractère paraît bien être en rapport avec la lente évolution du

---

(1) JAMES EWING, *Teratoma Testis and its derivatives* (*Publications of Cornell University*, vol. 2, New-York, 1911).

(2) *Bulletin de l'Association française pour l'étude du cancer*, 1912.

(3) WILLIAM GOODPASTURE, *An Anatomical Study of senescence in dogs with especial reference of the relation of Cellular changes of age to tumors* (*Journal of Medical Research*, mai 1918).

néoplasme. Les endothéliums vasculaires assez nombreux appartiennent toujours au type adulte, et sont faciles à délimiter des cellules néoplasiques de la tumeur. Ces derniers ont une forme tantôt régulièrement ovoïde, tantôt polyédrique (par pression réciproque). Les noyaux volumineux présentent un réseau délié avec 1, 2 ou 3 nucléoles; leur dégénérescence est fréquente, surtout par pycnose. Les mitoses sont nombreuses.

Le cytoplasme peu abondant forme une mince auréole claire autour du noyau. Les contours cellulaires, toujours nets primitivement, s'estompent et disparaissent par places, donnant lieu à des dispositions syncytiales plutôt dégénératives. Ce type se retrouve avec une uniformité remarquable dans la tumeur de seconde génération et dans les métastases. Toutefois, la configuration générale est ici légèrement différente. Les aspects des tubes séminifères en régression et les petits nids cellulaires, caractéristiques de la tumeur spontanée, font place à une néoformation cellulaire en nappes diffuses, identique à la disposition classique du séminome.

En résumé, cette tumeur transplantable reproduit les caractères essentiels du séminome humain. L'un de nous a pu, chez un homme de 30 ans, en observer un cas dans lequel la structure histologique et le type métastatique mixte (par voie lymphatique et par voie sanguine) étaient absolument superposables aux précédents. On notait, en particulier, la même intégrité du foie et le même envahissement (plus accentuée toutefois) des deux poumons, avec embolies cancéreuses dans les petits vaisseaux.

L'extrême lenteur de son évolution chez notre animal est vraisemblablement liée à la nature des éléments matriciels (cellules génitales en voie d'involution régressive), mais peut-être aussi aux conditions trophiques, relativement peu favorables, de la partie du corps (testicule) choisie comme siège de la greffe. L'expérimentation permettra peut-être de fixer l'importance respective de ces deux facteurs.

Il faut rapprocher de cette marche lente la tendance à la généralisation viscérale qui fait ordinairement défaut dans les tumeurs de la souris et du rat, animaux à vie trop courte et à évolution néoplasique rapide.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE JUIN 1918.

Ministère des travaux publics. Mémoires pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France. Études géologiques dans les Alpes occidentales. *Contributions à la géologie des chaînes intérieures des Alpes françaises*, par W. KILIAN et J. RÉVIL, fasc. II : *Description des terrains qui prennent part à la constitution géologique des zones intra-alpines françaises* (suite). Paris, Imprimerie nationale, 1917; 1 vol. 32cm.

1er Congrès de l'Association internationale de thalassothérapie. (Cannes, 15-22 avril 1914). Tome I : *Rapports*, publiés par le Dr GEORGES BAUDOIN; — tome II : *Comptes rendus des séances*, publiés par le Dr GEORGES BAUDOIN. Paris, *Gazette des eaux* et Levé, 1914 et 1918; 2 vol. 23cm. (Présentés par M. d'Arsonval.)

L'année biologique. Comptes rendus annuels des travaux de biologie générale, publiés sous la direction de YVES DELAGE, par MARIE GOLDSMITH, F. PÉCHOUTRE et JEAN PHILIPPE; 21e année 1916. Paris, Lhomme, 1918; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Delage.)

Études de lépidoptérologie comparée, par CHARLES OBERTHÜR; fascicule XV. Rennes, Oberthür, 1918; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Bouvier.)

La méthode Taylor appliquée à l'entreprise, par ANDRÉ GRANET. Paris, Imprimerie du Palais, 1918; 1 fasc. 21cm,5.

Genèse de la calcédoine et, selon toute probabilité, celle du diamant, par le Dr F. JOUSSEAUME. Paris, Armand Fleury, 1918; 1 fasc. 21cm.

Royaume de Belgique. Ministère des colonies. Service de l'agriculture. *Études de biologie agricole : n° 4. Comment nos planteurs et nos colons peuvent-ils se protéger contre les moustiques qui transmettent des maladies?* par E. HEGH. Londres, Imprimerie belge, 1918; 1 fasc. 21cm,5.

Manual del viajero. Diccionario de la lengua guaraní, por N. ROJAS ACOSTA. Resistencia (Argentina), Dupuis, 1918; 1 fasc. 17cm.

Historia natural de Corrientes y del Chaco, por N. ROJAS ACOSTA. Resistencia (Argentina). Dupuis, 1915, 1916; 1 fasc. 22cm.

Instructions météorologiques, par ALFRED ANGOT, sixième édition. Paris, Gauthier-Villars, 1918; 1 vol. 25cm,5.

Carte géologique de l'Afrique occidentale française au $\frac{1}{100000}$: feuille 10 (Bingerville), par HENRY HUBERT. Paris, Larose, 1917; 1 vol. 25cm.

Guide pratique d'agriculture tropicale : I. Principes généraux, par A. FAUCHÈRE. Paris, Augustin Challamel, 1918; 1 vol. 25cm,5.

The John Crerar Library. *A catalogue of french economic documents from the sixteenth, seventeenth and eighteenth centuries*. Chicago, 1918; 1 vol. 27cm.

Leland Stanford Junior University. *Bulletin*, second series, n° 95 : *Register* 1916-1917, Stanford University, California, 1917; 1 vol. 19cm,5.

Leland Stanford Junior University publications. Trustees' series, n° 31 : *Annual report of the president of the University for the twenty-fifth academie year ending july* 31, 1916. Stanford University, California, 1916; 1 vol. 23cm.

Leland Stanford Junior University publications. University séries : *A study of the magnatic sulfid ores*, by C. F. TOLMAN and AUSTIN F. ROGERS; — *The pathology of nephritis*, by WILLIAM OPHÜLS; — *Bone and joint studies I*, by LEONARD W. ELY and JOHN FRANCIS COWAN; — *The genera of fishes from Linnæus to Cuvier* 1758-1833, by DAVID STARR JORDAN assisted by BARTON WARREN EVERMANN; — *The use of ye in the function of thou in middle english litterature from Ms. Auchinleck to Ms. Vernon*, by RUSSELL OSBORNE STIDSTON; — *Emerson. A statement of New England transcendentalism as expressed in the philosophy of its chief exponent*, by HENRY DAVID GRAY. Stanford University, California, 1916 et 1917; 6 vol. 25cm,5.

Anuario estadistico de la República oriental del Uruguay. Libro XXV : *Año* 1915. Montevideo, Francisco Arduino, 1917; 1 vol. 30cm.

ERRATA.

(Séance du 16 juillet 1918.)

Note de M. *E. Ariès*, Sur les tensions de la vapeur saturée des corps octoatomiques :

Page 121, ligne 21, *au lieu de* (colonne de gauche), *lire* (colonne de droite).

Page 122, ligne 3, *au lieu de* à la colonne de droite, *lire* à la colonne de gauche.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 AOUT 1918.

PRÉSIDENCE DE M. P. PAINLEVÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE DES SEMI-FLUIDES. — *Seconde et troisième formules de Tresca, pour le poinçonnage d'un bloc à surface latérale non plus libre, mais enchâssée dans un cylindre creux, rigide et poli, et pour son écoulement par un orifice inférieur, sous la pression d'un piston de même rayon que lui.* Note (¹) de M. J. **Boussinesq.**

I. Dans une deuxième catégorie des expériences faites par Tresca sur le poinçonnage des métaux, le bloc cylindrique poinçonné, de rayon R_1 et toujours posé sur un plateau rigide poli, avait sa surface latérale $2\pi R_1 H$ non plus libre, mais enchâssée dans un cylindre également poli et rigide, qui s'opposait à l'agrandissement des rayons extérieurs R_1 de la partie annulaire et ne laissait, par suite, à celle-ci, la possibilité de se dilater que de bas en haut, à travers sa base supérieure libre $\pi(R_1^2 - R_0^2)$. C'est, du moins, ce qui avait lieu dans cette première phase du phénomène où les parties inférieures du bloc ne sont pas encore atteintes par la déformation permanente (et même toujours quand le plateau n'avait pas d'orifice).

Voyons comment nous pourrons, au prix d'hypothèses simplificatrices analogues à celles du cas précédent (²), mais encore plus larges peut-être, aborder par la théorie cette seconde catégorie de faits.

(¹) Séance du 22 juillet 1918.

(²) Voir le précédent *Compte rendu*, p. 186.

II. Et d'abord, nous continuerons à admettre la division spontanée de la matière, devenue semi-fluide (sous une épaisseur notable), en un *cylind. central* de rayon R_0, écrasé *uniformément* par le poinçon, et un cylindre annulaire de pareille hauteur, glissant sans frottement sur lui (dans le sens vertical) et dont il refoule encore horizontalement, suivant les rayons r, la face concave de rayon R_0. Le cylindre central presse donc cette face concave, de contour $2\pi R_0$, encore avec une force normale $P_0 = P_z - 2K$ (par unité d'aire), contre les anneaux extérieurs $2\pi R_0\, dr\, dz$ des couches annulaires, de hauteur actuelle dz à l'époque t.

Sous cette pression, les anneaux successifs $2\pi r\, dr\, dz$, à rayons intérieurs r compris entre R_0 et R_1, éprouvent durant un temps assez court, dans tous leurs points matériels, un petit déplacement horizontal positif δ, suivant les rayons r. Or ce déplacement, fonction de r et qui porte de $2\pi r$ à $2\pi(r+\delta)$ la longueur de leur face concave ou interne, imprime ainsi, à un arc élémentaire $r\, d\omega$ du contour de cette face, la petite dilatation $\frac{\delta}{r}$, en même temps qu'il fait contracter la largeur des anneaux, suivant dr, de $\left(-\frac{d\delta}{dr}\right)$ et qu'il soulève les mêmes points, suivant les z, d'un petit déplacement δ' généralement fonction de r et de z, impliquant la dilatation $\frac{d\delta'}{dz}$ des fibres verticales.

Seulement, ici où la face extérieure convexe $2\pi R_1\, dz$ est empêchée de se dilater en longueur, on aura $\delta = 0$ pour $r = R_1$. D'où, pour pareils déplacements δ_0 de la face concave $2\pi R_0\, dz$, diminutions bien plus rapides de δ quand r grandit, c'est-à-dire contractions $\left(-\frac{d\delta}{dr}\right)$ plus fortes suivant les rayons, et dilatations $\frac{\delta}{r}$ plus faibles suivant les arcs $r\, d\omega$, que dans le cas d'un bloc à surface latérale libre. Mais, par contre, vu la conservation des volumes, dilatations $\frac{d\delta'}{dz}$ plus grandes dans le sens vertical, suivant lequel s'exercent, maintenant encore, des pressions N_z insignifiantes.

Toutefois, pour pouvoir garder N_r et N_z comme forces principales et satisfaire ensuite à la dernière équation (5) de ma précédente Note, nous devrons supposer encore δ' indépendant de r et, afin de maintenir ainsi horizontales les couches de la région annulaire qui l'étaient à l'origine, introduire sur toutes ces couches de mêmes pressions normales N_z, réglées convenablement en fonction de r. Seule, la valeur moyenne de N_z, sur toute

l'aire $\pi(R_1^2 - R_0^2)$ de chaque couche, sera annulée, pour sauvegarder autant que possible l'état de liberté (admis) de la surface supérieure.

III. Dans ces conditions, appelons C, sur une couche annulaire déterminée, la valeur constante de $\frac{d\delta'}{dz}$; et considérons les deux équations (4) et (5) subsistantes de ma précédente Note. La première, multipliée par dr et intégrée à partir du bord extérieur $r = R$ où s'annule δ, donnera

$$(1)\quad \delta = \frac{C}{2}\left(\frac{R_1^2}{r} - r\right),\qquad \text{d'où}\qquad \frac{d\delta}{dr} = -\frac{C}{2}\left(\frac{R_1^2}{r^2} + 1\right),\qquad \frac{\delta}{r} = \frac{C}{2}\left(\frac{R_1^2}{r^2} - 1\right).$$

Et la proportion (5) deviendra, en y remplaçant le deuxième rapport par celui que donne l'addition des deux, *haut* et *bas*,

$$(2)\qquad \frac{N_z - N_r}{R_1^2 + 3r^2} = \frac{N_\omega - N_r}{2R_1^2}.$$

Cette proportion montre que les deux différences $N_z - N_r$, $N_\omega - N_r$, dont la première est positive (puisque N_z est peu différent de zéro et N_r fortement négatif), ont le même signe *plus*, et que la première est la plus grande tant que r excède $\frac{1}{\sqrt{3}} R_1 = 0,5773 R_1$, mais la plus petite au-dessous de cette limite. Quant à la troisième différence entre les forces principales, savoir $N_z - N_\omega$, il est visible que, tantôt positive, tantôt négative, elle n'est, en valeur absolue, qu'une partie de la plus grande des deux premières à l'endroit considéré.

IV. Il y aurait donc lieu d'égaler, à la constante 2K de fluidité, tantôt $N_z - N_r$ (près du bord convexe), tantôt $N_\omega - N_r$ (près du bord concave, ou de $r = R_0$ qui sera, en général, notablement inférieur à $0,5773 R_1$); et ces *doubles* formules, se raccordant d'ailleurs pour $r = 0,5773 R_1$, entraîneraient inévitablement une certaine complication des résultats [1]. Mais comme déjà la question a comporté, pour $z = H$, la substitution d'une moyenne aux valeurs individuelles de la fonction N_z (dans l'expression de

[1] On verra néanmoins dans une dernière Note, où les vraies équations seront mises en œuvre, que la complication des calculs y est moindre qu'on ne pouvait le craindre et, surtout, que le principal résultat reste simple.

l'état de liberté de la surface supérieure), on peut bien, ce semble, admettre aussi la parité de N_z et de N_ω, de manière à garder les équations (2) de ma Note précédente, en y ajoutant la nouvelle relation, *à peu près vérifiée en moyenne*,

$$(3) \qquad N_z = N_\omega = 2K + N_r = (2K - P_0) + K \log \frac{r^2}{R_0^2}.$$

Ici, P_0 ne se déterminera plus par la condition d'annuler N_r sur la surface latérale, qui n'est pas libre maintenant, mais par celle qui consiste dans l'annulation moyenne de N_z sur toute la surface $\pi(R_1^2 - R_0^2)$ des couches annulaires.

Et il vient aisément

$$(4) \qquad P_0 = K\left(1 + \frac{R_1^2}{R_1^2 - R_0^2} \log \frac{R_1^2}{R_0^2}\right).$$

On en déduit P_z, qui vaut $P_0 + 2K$, et enfin la pression totale F_z, ou $P_z(\pi R_0^2)$, capable d'effectuer le poinçonnage du bloc :

$$(5) \qquad \text{(surf. latér. inextensible)} \qquad F = K\pi R_0^2 \left(3 + \frac{2R_1^2}{R_1^2 - R_0^2} \log \frac{R_1}{R_0}\right).$$

C'est précisément la formule qu'a obtenue Tresca, encore par des évaluations assez obscures de travaux des forces intérieures en jeu dans la déformation. A cause de l'égalité admise ci-dessus de N_z à N_ω, qui n'existe, même en moyenne, qu'avec une assez grossière approximation, on ne doit pas s'attendre à trouver cette formule aussi bien vérifiée que celle, (3), de ma dernière Note, concernant le cas où le bord était libre. Aussi les meilleures observations de Tresca (même Tableau de la page 191 de son Mémoire) y ont-elles donné pour le plomb des valeurs de K variables depuis 176^{kg} par centimètre carré jusqu'à 221^{kg}, valeurs présentant, avec la moyenne précédente 200^{kg}, des écarts, en plus ou en moins, deux fois plus forts que ceux qu'avait offerts la formule (3) citée [1].

---

[1] Il est bon de remarquer que le plus grand écart 200-176, atteignant les 0,12 de la moyenne 200, s'est produit dans une expérience où l'on avait $R_0 = 1^c$, $R_1 = 1^c,85$ et où, par suite, la limite inférieure R_0 de r dans la partie annulaire, égale environ à $0,54 R_1$, se trouvait trop voisine du rayon particulier $r = 0,5773 R_1$ pour qu'on pût regarder celui-ci comme une *moyenne acceptable*, entre R_0 et R_1.

V. Pour un abaissement donné α du poinçon, la première formule (6) de ma Note précédente, combinée avec la formule (1) de celle-ci, ferait connaître C, qui est la dérivée de δ' en z. Et l'on aurait ensuite, dans la partie annulaire,

$$(6) \qquad (\text{pour } r > R_0) \qquad \delta = \frac{\alpha}{2Hr}\frac{R_1^2 - r^2}{R_1^2 - R_0^2}, \qquad \delta' = \alpha\frac{R_0^2}{R_1^2 - R_0^2}\frac{z}{H},$$

valeurs uniquement liées à δ_0, R_0, R_1, ou ne dépendant pas des pressions N_r, N_ω, N_z, ni, par suite, de l'hypothèse approximative $N_z = N_\omega$ faite ci-dessus.

VI. Entourant encore notre bloc ductile d'un cylindre rigide et poli de même rayon R_1, censé soudé au plateau inférieur, imaginons maintenant qu'on ouvre, au centre de ce dernier, un orifice circulaire de rayon R_0, et que l'on substitue en même temps, au poinçon supérieur, un piston rigide et poli de rayon R_1, recouvrant exactement le bloc. Si alors une *charge* croissante F presse de haut en bas ce piston et l'engage *sans frottement* dans le cylindre rigide en y refoulant le bloc, celui-ci finira par couler à travers l'orifice inférieur qui lui est ouvert; et l'on aura une observation non plus précisément de *poinçonnage*, mais *d'écoulement* du solide plastique. D'où une troisième catégorie d'expériences faites également par Tresca sur du plomb, catégorie pour laquelle il a donné une formule de la charge efficace F.

Nous l'obtiendrons par les mêmes hypothèses simplificatrices, relatives à la distinction et à la non-adhérence mutuelle des deux parties du bloc, l'une, *cylindre central* $\pi R_0^2 H$, libre ici de toute force N_z sur ses couches horizontales, mais pressée normalement vers son axe, sur l'unité d'aire de son contour vertical $2\pi R_0 H$, par une pression $(-N_r)$ ou P_0, égale à la constante de fluidité $2K$; l'autre, *partie annulaire* $\pi(R_1^2 - R_0^2)H$, ayant ses anneaux élémentaires $(2\pi r\,dr)H$ contractés verticalement, entre le plateau fixe et le piston qui descend, par la pression $(-N_z)(2\pi r\,dr)$ de ceux-ci, mais se dilatant vers l'axe dans le sens horizontal et y refoulant une matière qui en même temps s'abaisse. A part ces renversements de sens du mouvement, par rapport à la question du poinçonnage, la condition, commune aux deux problèmes, $\delta = 0$ (pour $r = R_1$), établit entre eux une étroite analogie, qui y rend utilisables les mêmes formules avec changements de signe de K.

Dans l'hypothèse approchée ou moyenne $N_z = N_\omega$, qui conduit aux

équations les plus simples, la première équation (1) de ma dernière Note y donne, vu qu'ici N_r excède N_ω ou N_z de $2K$, et que $P_0 = 2K$,

$$(7) \qquad N_r = -P_0 - 2K \log \frac{r}{R_0} = -2K\left(1 + \log \frac{r}{R_0}\right).$$

Il en résulte

$$(8) \qquad (\text{pour } r > R_0) \qquad (-N_z) \text{ ou } P_z = -N_r + 2K = K\left(4 + \log \frac{r^2}{R_0^2}\right).$$

Multiplions par l'élément $\pi d.r^2$ de l'aire *active* considérée, et intégrons de $r = R_0$ à $r = R_1$, sans oublier que la fonction primitive de $\log u$ est $u \log u - u$. Il viendra, comme poussée totale F du piston, apte à produire l'écoulement du bloc :

$$(9) \qquad F = K\pi(R_1^2 - R_0^2)\left(3 + \frac{2R_1^2}{R_1^2 - R_0^2} \log \frac{R_1}{R_0}\right).$$

C'est la formule qu'a obtenue Trèsca, encore par ses calculs difficilement intelligibles de travaux. Ses observations sur l'écoulement du plomb l'ont confirmée, mieux même que celle, (5), de poinçonnage; car, dans les deux dernières séries d'expériences, qui ont été les plus soignées, K a eu les deux valeurs, presque égales entre elles et à la moyenne générale, 198^{kg} et 201^{kg} par centimètre carré. Malgré l'obscurité de ces problèmes, on aurait pu en effet pressentir pour (9), à ce qui semble, une raison de plus grande exactitude : c'est qu'on y a exprimé complètement l'état de liberté de l'orifice, tandis que, dans les deux cas de poinçonnage, le même état de liberté de la surface supérieure annulaire entourant la base du poinçon n'avait été exprimé qu'en moyenne.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur un phénomène de diplopie instrumentale et sur son application en médecine.* Note [1] de M. **André Blondel.**

Les jumelles à prismes, dont l'usage s'est répandu depuis quelques années, augmentent, par rapport aux jumelles du type Galilée, non seulement le pouvoir grossissant, mais encore le relief apparent. Tout se passe, en effet, comme si l'écartement entre les points nodaux des deux yeux de

---

[1] Séance du 29 juillet 1918.

l'observateur devenait égal à celui des points nodaux des deux objectifs; l'angle formé par les axes optiques des deux yeux visant un objet à distance finie doit être majoré dans la même proportion multipliée par le grossissement pour que les images sur les deux rétines concordent comme dans la vision directe.

Pour un sujet à l'état normal cette variation de convergence est facilement obtenue sans être gênée par l'accommodation. Mais une tendance à l'incoordination motrice, d'origine nerveuse, même lorsqu'elle est insuffisante pour produire la diplopie en vision directe, avec ou sans binocle, peut empêcher la superposition des images quand les yeux sont appliqués aux œilletons d'une jumelle à prismes. J'ai eu récemment l'occasion de constater ce phénomène sur un sujet malade des centres nerveux. A la suite d'une grande fatigue, il voyait encore simple image en vision directe, mais double image dans la jumelle à prismes. Au bout de quelques jours de repos, répétant à nouveau la même expérience, il ne voyait plus qu'une image comme en temps normal.

Le phénomène ne peut s'expliquer par une simple cause physique, car les deux images apparentes présentaient entre elles un écart angulaire bien supérieur à celui qui aurait été imputable à l'accroissement de l'angle de convergence des yeux, dont on vient de parler (1). On doit donc l'attribuer à l'une ou l'autre des deux causes suivantes :

1° Plus grande fatigue d'accommodation (surtout lorsque les yeux ne sont pas exactement égaux); on sait que la fatigue d'accommodation gêne le réglage de la convergence (2);

2° Décentrement des cristallins par rapport aux oculaires : les pupilles, en cherchant à s'appliquer sur les anneaux oculaires (images des objectifs par rapport aux oculaires) sont moins bien orientées par les muscles oculaires qu'en vision directe; il en résulte la déviation apparente des images (3).

L'emploi de la jumelle à prismes paraît ainsi pouvoir servir dans le diagnostic des affections du système nerveux central, en rendant plus sensible l'apparition du symptôme de la diplopie.

---

(1) On démontre d'ailleurs aisément qu'une erreur angulaire α sur l'angle de convergence des yeux placés aux œilletons correspond à une erreur $\frac{\alpha}{G}$ pour l'angle des rayons allant des objectifs à l'objet visé (en appelant G le grossissement).

(2) Cf. André Broca, *Physique médicale*, p. 150.

(3) *Ibid.*, p. 320.

ZOOLOGIE. — *Qu'est-ce que l'*Eleotris gobioïdes *de M. Legendre ?* Note de M. **G.-A. Boulenger.**

En lisant la Note si intéressante de M. Jean Legendre [1] sur la biologie de l'*Eleotris* qu'il désigne sous le nom de *gobioïdes*, donné en 1837 à une espèce de la Nouvelle-Zélande par Cuvier et Valenciennes, je constate une fois de plus combien il est fâcheux d'omettre de se conformer à l'usage de faire suivre le nom scientifique d'une espèce de celui de l'auteur qui en est responsable. Sauf pour les espèces banales, cet usage s'impose; son but n'est pas de flatter la vanité des naturalistes descripteurs, comme on l'a dit à tort, mais de nous permettre de nous orienter dans le dédale sans cesse croissant de la nomenclature, qui menace de prendre des proportions inquiétantes, même pour les spécialistes, par suite des tendances modernes concernant la conception de l'espèce.

Dans le cas présent, nous ignorons ce que signifie ce nom d'*Eleotris gobioïdes*, car il ne peut s'agir du poisson de la Nouvelle-Zélande. Je pense que c'est une introduction nouvelle, et malheureuse, dans la nomenclature par l'auteur de la Note ; mais alors il aurait fallu donner une définition de l'espèce, ou indiquer où celle-ci a paru, car il est inadmissible de publier des observations biologiques sur un poisson non encore décrit, ou dont la description n'est pas accessible. L'espèce est peut-être nouvelle, et dans ce cas il faudra trouver un autre nom ; mais, d'après la taille que lui assigne M. Legendre, il s'agit probablement du petit poisson décrit et figuré par Steindachner en 1880 sous le nom d'*Eleotris Tohizonæ*. Les autres espèces connues de Madagascar sont d'une taille plus considérable et justifient moins encore la comparaison avec le Goujon d'Europe.

CORRESPONDANCE.

Mme Vve **A. Laurent** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux de son mari.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 175.

MM. Émile Belot, Ch. Boileau, C. Camichel, D. Eydoux, Robert Lespieau, Paul Montel, C. Sauvageau adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Esquisse géologique de la Martinique avec Carte géologique, par Jean Giraud.

ACOUSTIQUE. — *Sur la doctrine d'Aristoxène; tempérament de la gamme pythagoricienne et les chroai.* Note (¹) de M. **Gabriel Sizes**, transmise par M. Camille Saint-Saëns.

Dans une Note précédente (²) nous avons vu que la gamme pythagoricienne compte 22 sons pour une seule octave. Les instruments en usage à cette époque ne permettaient pas une telle profusion de cordes. La pratique instrumentale amena Aristoxène à la restreindre à 12 degrés *en tempérant les sons chromatiques intermédiaires* aux 8 qui constituent la gamme diatonique.

On trouve la « règle » d'Aristoxène dans les « traductions de Meibou, 1726, *Stoicheia*, page 56, *passim* ». Elle se réalise au moyen de quatre opérations successives, en prenant pour base la « quarte du tétracorde *meson* » ou moyen (mi_2-la_2) : 1° en déterminant la tierce majeure pythagoricienne *de la corde la plus grave* (mi_2-$sol^{\sharp}_2$) et la tierce majeure inférieure *de la plus aiguë* (la_2-fa_2); 2° en déterminant *la quarte juste inférieure de la première tierce* ($sol^{\sharp}_2$-$ré^{\sharp}_2$) et *la quarte juste supérieure de la seconde tierce* (fa_2-$si^{\flat}_2$); 3° en accordant ces deux produits ($ré^{\sharp}_2$-$si^{\flat}_2$) « *de manière à ce qu'ils forment une consonance juste* » de quinte : en abaissant la corde $ré^{\sharp}_2$ de *un demi-comma* et en élevant *du même intervalle* la corde $si^{\flat}_2$, qui prend alors le nom de $la^{\sharp}$, ou respectivement ceux de $mi^{\flat}_2$-$si^{\flat}_2$; 4° en accordant *les autres degrés*

(¹) Séance du 22 juillet 1918.

(²) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 465.

chromatiques par *quinte et quarte justes*, soit ($la_2^\sharp$-$ré_2^\sharp$) : $sol_2^\sharp$, $ut_2^\sharp$, $fa_2^\sharp$; ou ($si_2^\flat$-$mi_2^\flat$) : $la_2^\flat$, $ré_2^\flat$, $sol_2^\flat$.

Ces sons chromatiques ont très approximativement les mêmes rapports à la tonique que ceux de la gamme tempérée moderne, avec cette particularité : *qu'ils ne sont tempérés que par rapport aux degrés diatoniques*, mais que les deux progressions *sont respectivement consonantes en soi*. Les *genres* chromatique et enharmonique n'interviennent qu'accidentellement dans les *métaboles de ton* ou modulations et dans les *chroai* ou nuances. En y comprenant l'octave, cette gamme constitue l'« échelle chromatique *tonale* tempérée de 13 degrés d'Aristoxène » considérée de la *proslambanomène* la_1 à la *mèse* la_2. Cette *échelle tonale* est restée en usage *chez tous les peuples* et jusqu'au XVIIe siècle on n'a pas connu d'autre *système*. Les intervalles musicaux ne furent plus mesurés au moyen du *comma*, mais uniquement par *diésis* ou *quart de ton*, devenu l'« unité théorique normale ».

Intervalles contenus dans le « grand système immuable » (1) :

Diésis ou *quart de ton*, *unité théorique*, deux espèces. Première espèce : *diésis diatonique* en fonction de ton 9 : 8, $= \frac{16}{15,535}$ ou $\frac{32}{31,07}$. Deuxième espèce : *diésis enharmonique*, en fonction du demi-ton mineur 256 : 243, $= \frac{16}{15,589}$ ou $\frac{32}{31,178}$; plus petit d'*un demi-comma* que le diésis diatonique.

Demi-ton, deux espèces. Première espèce : *demi-ton tempéré*, *chromatique* ou *majeur*, formé de 2 *diésis diatoniques* : $= \frac{25,6}{24,134}$. Deuxième espèce : *demi-ton diatonique* ou *mineur*, formé de 2 *diésis enharmoniques* : $= \frac{25,6}{24,3}$. Le *ton* contient 4 diésis ; la *tierce mineure* 6 ; la *tierce majeure* 8 ; la *quarte* 10, etc., et l'*octave* 24.

Intervalles *incomposés* dans l'usage des *chroai*, ou *nuances*, ou *expression des sons :*

Ecbole, ou *ton maxime*, cinq diésis, deux espèces. Première espèce : *ecbole descendante*, qui se manifeste « sur le degré intermédiaire de la *tierce majeure* du tétracorde », c'est-à-dire *entre deux tons*. Son intervalle égale : *un ton plus un diésis*

(1) Les rapports de ces intervalles sont donnés ici dans la forme la plus propice à leur comparaison avec ceux tirés de la *série harmonique naturelle*. Chaque nombre entier, avant la virgule, représente *un numéro d'ordre d'harmonique*.

diatonique, dans le rapport $\frac{31,07}{36}$. C'est l'effet représentatif du phénomène harmonique 8 : 7, ou « tendance résolutive descendante d'un son en fonction de *septième harmonique* » comme *la sol fa*. Jamais *en montant* dans la tierce majeure. Deuxième espèce : *ecbole ascendante ou descendante* qui se manifeste sur le degré intermédiaire de la *tierce mineure*, comme *la si₊ut*, ou *sol fa mi*. En montant : c'est l'effet du *treizième harmonique*, ou « tendance résolutive ascendante propre à l'altération mélodique d'un son en fonction de *note sensible* » faisant sa *résolution* sur la tonique. En descendant, c'est toujours l'effet du *septième harmonique*. Son rapport est $\frac{36}{31,178}$, plus petit de un demi-comma que la première espèce; c'est-à-dire *un ton plus un diésis enharmonique*.

Eclysis ou *ton minime descendant* dans le *genre diatonique;* trois diésis diatoniques, rapport $\frac{23,04}{25,1667}$ ou $\frac{11,52}{12,58835}$. C'est le complément de l'*ecbole première espèce* à la *tierce majeure;* dans le premier exemple : *la sol fa*.

Spondiasme ou *ton minime ascendant* dans le *genre chromatique*. Comme l'*éclysis*, il est formé de *trois diésis diatoniques*. C'est l'intervalle qui sépare « un son diatonique du son chromatique supérieur » lorsque ce dernier est « en fonction de note sensible », effet du *treizième harmonique*; rapport : $\frac{25,1667}{23,04}$ ou $\frac{12,58835}{11,52}$.

Principales évaluations des *chroai* au moyen de rapports tirés de l'échelle harmonique naturelle, et leurs conséquences :

Ecbole ou *ton maxime*, rapport $\frac{8}{7}$ ou $\frac{32}{28}$; plus petit que celui d'Aristoxène $= \frac{36}{31,07}$. Dans la *tierce mineure*, ce rapport provoque un *diésis harmonique* de première espèce $= \frac{28}{27}$, plus grand que le diésis similaire d'Aristoxène $= \frac{32}{31,178}$.

Eclysis ou *ton minime descendant*, rapport : $\frac{25,6}{28,35}$, complément de l'*ecbole* à la *tierce majeure;* plus grand que celui d'Aristoxène. On a $\frac{64}{81} : \frac{7}{8} = \frac{512}{567}$ ou $\frac{2560}{2835}$. On ne peut attribuer ni à l'*éclysis* ni au *spondiasme* le rapport $\frac{10}{11}$ donné par Gevaert.

Spondiasme ou *ton minime ascendant*, rapport : $\frac{12}{11}$, presque identique à celui d'Aristoxène : $\frac{12,58}{11,52}$; il donne, comme complément au ton, un *diésis* de deuxième espèce $= \frac{33}{32}$ plus petit que celui d'Aristoxène ci-dessus.

Erratum. — *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 465; lire comme suit l'équation de la gamme pythagoricienne :

Fonctions des sons............	*ré* *si*♭	*la* *mi*♭	*mi* *la*♭	*si* *ut*
Rapports des sons, $ut = 1$:	$\frac{9}{8} + \frac{16}{9} = \frac{2}{1} :$	$\frac{27}{16} = \frac{32}{27} +$	$\frac{81}{64} = \frac{3}{2} : \frac{128}{81} =$	$\frac{243}{256} + \frac{128}{243} = 2.$
Intervalles des rapports...	2[de] M. 7[e] m.	6[te] M. 3[ce] m.	3[ce] M. 6[te] m.	2[de] m. 7[e] M.
	ut_1-*ré*.*ré*-ut_2	ut_1-*la*.*la*-ut_2	ut_1-*mi*.*mi*-ut_2	ut_2-si_1.si_1-ut_1
Produits......................	octave	octave	octave	octave

$$\frac{9}{8} + \frac{16}{9} = \frac{2}{1} : \frac{27}{16} = \frac{32}{27} + \frac{81}{64} = \frac{3}{2} : \frac{128}{81} = \frac{243}{256} + \frac{128}{243} = 2.$$

PHYSIQUE. — *Sur l'équation caractéristique des fluides.* Note (¹) de M. Pierre Weiss, transmise par M. J. Violle.

La méthode de discussion imaginée pour l'étude d'un réseau d'isothermes magnétiques (²) s'applique aussi aux isothermes de compression des fluides. Les lignes d'égale aimantation sont remplacées par les isochores ou lignes d'égal volume. La controverse au sujet du caractère rectiligne ou curviligne de celles-ci paraissait close par la règle empirique sur leur courbure, donnée indépendamment par Sidney Young et Kecsom. Une revision suggérée par le phénomène magnétique m'a permis de reconnaître qu'ici encore les faits sont représentés d'une manière frappante par des droites coudées.

La figure 1 représente, d'après les expériences de Witkowski, les isochores de l'air, remarquables par l'angle notable que font entre eux les deux segments. Dans la figure, les volumes sont marqués en fractions du volume normal.

La figure 2 donne les isochores de l'éthylène, déduites des isothermes d'Amagat. Les angles sont un peu moins grands, mais les deux segments sont bien déterminés. Sont particulièrement caractéristiques les isochores des volumes voisins de $\frac{1}{90}$. Les points à 40° de la figure 2, comme aussi ceux à $-103°,5$ de la figure 1, indiquent un léger arrondi au coude. Qu'il soit réel ou le résultat des interpolations, ce qui importe c'est moins la brusquerie plus ou moins grande du passage que l'existence, de part et d'autre, d'états bien définis.

(¹) Séance du 29 juillet 1918.

(²) P. Weiss, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 78.

Fig. 1. Air (Witkowski)

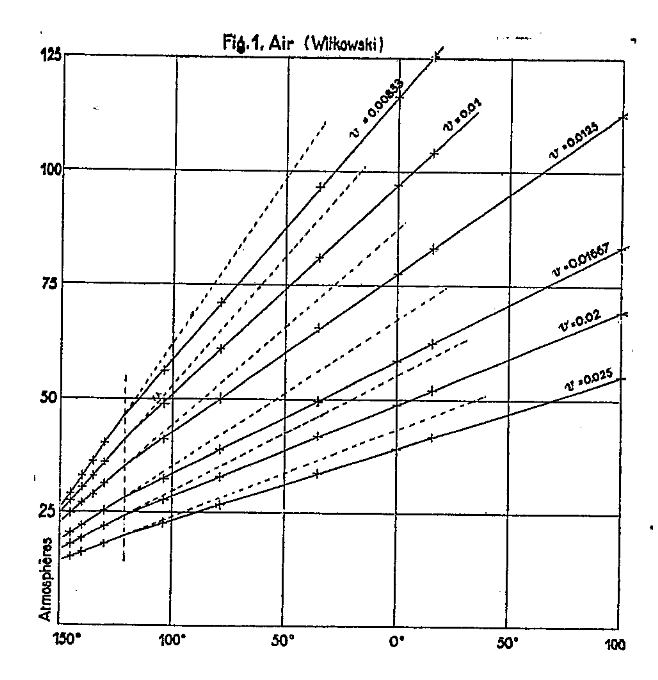
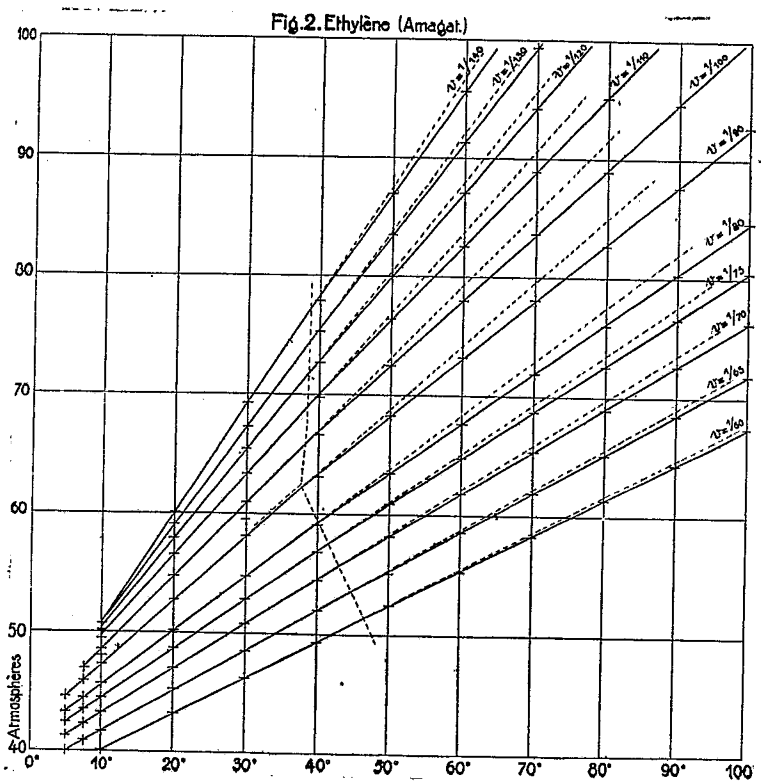


Fig. 2. Ethylène (Amagat.)



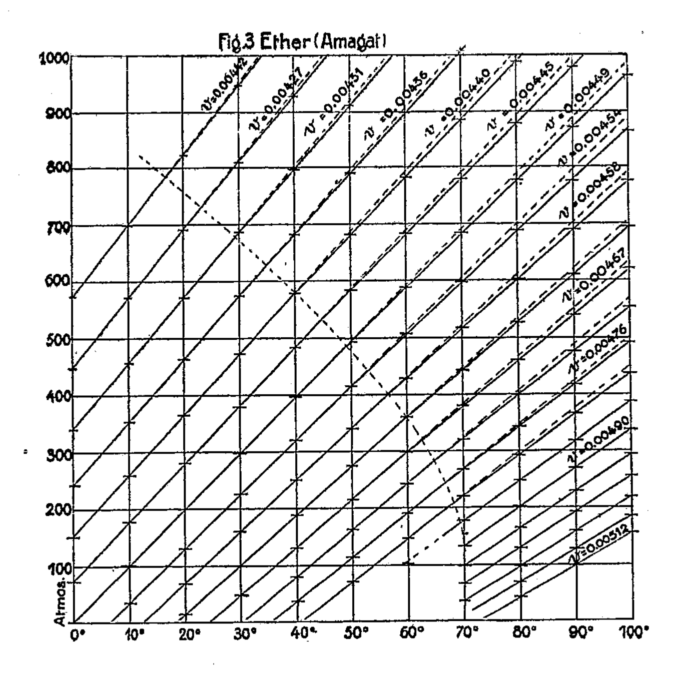


Fig. 3 Ether (Amagat)

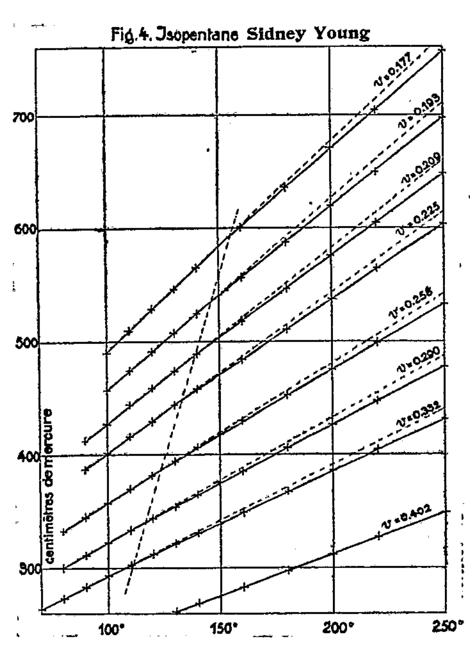


Fig. 4. Isopentane Sidney Young

La figure 3 est la représentation des isochores de l'éther à l'état liquide, déduites par Amagat lui-même de ses observations aux très fortes pressions.

Enfin la figure 4 donne une partie des expériences si précises de Sidney Young sur l'isopentane. Il est remarquable que les droites coudées se rencontrent aussi pour des volumes peu éloignés du volume normal.

Le caractère énigmatique du changement d'état révélé par les coudes paraît être la principale objection à faire à cette manière de voir. Elle est appuyée, par contre, par le phénomène magnétique correspondant et par la netteté des conclusions que nous pourrons tirer au sujet des volumes limites, de la pression interne et de la constante R de l'équation de van der Waals.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Une réaction nouvelle de l'osmium.* Note (¹) de M. L. **Tschugaeff**, présentée par M. A. Haller.

Si l'on chauffe, pendant quelques minutes, une solution contenant de l'osmium à l'état de tétroxyde OsO^4 ou d'un chlorosmiate (par exemple K^2OsCl^6) quelconque avec de la thiourée en excès et avec quelques gouttes d'acide chlorhydrique, le liquide se colore en rouge foncé ou en rose, suivant la concentration du composé osmique en question. Cette réaction est très caractéristique; elle permet de déceler l'osmium dans une solution à 1 : 100000. Le composé rouge de l'osmium qui prend naissance à cette occasion correspond, d'après les données de l'analyse, à la formule

$$[Os.6(NH^2.CS.NH^2)]Cl^3H^2O.$$

C'est donc un dérivé d'une base nouvelle analogue aux sels *luteo*-chromiques, cobaltiques, rhodiques et iridiques connus depuis longtemps :

$$[Cr.6NH^3]X^3,\quad [Co.6NH^3]X^3,\quad [Rh.6NH^3]X^3,\quad [Ir.6NH^3]X^3.$$

(¹) Séance du 22 juillet 1918.

GÉOLOGIE. — *Le Fier post-würmien.* Note de M. Ch. Gorceix, présentée par M. Pierre Termier.

Il est difficile de faire remonter au delà du Würmien l'histoire du *Fier*. Le cours d'eau actuel est un assemblage de tronçons dont on ne peut que supposer l'existence avant cette époque.

Les nombreux nivellements et les études sur le terrain, que j'ai exécutés dans la région depuis plusieurs années, m'ont conduit, en utilisant les travaux déjà parus des géologues éminents qui s'occupent d'elle, aux conclusions suivantes :

1° *Cours supérieur en amont de Thônes.* — Avant la glaciation néo-würmienne, les eaux du synclinarium *Serraval-Reposoir* n'appartenaient probablement pas au *Fier*. Ultérieurement, elles se sont partagées entre le *Borne* et le *Nom* affluent de ce cours d'eau, créant aux environs de *Saint-Jean-de-Sixt* une topographie unique, croyons-nous [1].

2° *Cours moyen entre Thônes et la sortie des moraines de Lovagny.* — Il ne paraît pas avoir subi de changements importants, sauf le creusement des gorges du *Fier* étudié l'année dernière [2].

Signalons seulement que le *Viéran* a raccourci son cours en rejoignant le *Fier* au *Pont de Brogny*, tandis qu'autrefois il suivait le bord de l'ancien lac d'Annecy après son comblement par le delta du *Fier*, au pied du vallum morainique et se jetait en amont de *Brassilly*.

Son ancien lit se voit au sud de *Gillon* et son cours inférieur est devenu le *Ruisseau d'Épagny* qui montre des terrasses hors de proportion avec son importance. Le ruisseau symétrique sur la rive gauche subsiste intégralement.

3° *Cours inférieur.* — Au sortir de la ceinture des moraines terminales néo-würmiennes de Lovagny, les alluvions de progression qui leur sont

---

(1) L'étude de cette région a commencé à être publiée par la *Revue savoisienne* en 1914; interrompue par la guerre, elle achèvera probablement d'y paraître.

(2) Ch. Gorceix, M. Le Roux et Moret, *Formation des gorges du Fier* (*Revue savoisienne*, 1918).

subordonnées et qu'on voit tout le long de la voie ferrée sont prolongées par le *cailloutis de Rumilly* qui forme une vaste plaine en forme de T à la cote 360 en moyenne. Elle représente le lit du fleuve sous-glaciaire de la régression würmienne, dans une cuvette de mollasse burdigalienne nivelée à 340 environ, ayant formé lac à un moment donné. Bien qu'une branche du glacier ait dû passer par le *val du Fier,* seuil de débordement, je pense que la partie principale suivait le synclinal de Rumilly jusqu'à *Voglans* et que le fleuve sous-glaciaire conserva longtemps cette voie. En effet, des deux voies qui s'offraient à l'eau, l'une (val du Fier) montre les restes de trois barrages rocheux à 361, 345 et 330 (les deux extrêmes correspondant à la plaine, première terrasse, et à la deuxième terrasse dont on parlera plus loin), tandis que l'autre (synclinal de Rumilly) qui a actuellement son point le plus élevé à 362, *sur d'épaisses alluvions*, offrait un passage sur la mollasse à un niveau certainement inférieur à 340 et probablement voisin de 320 ou 330. Le passage s'éleva peu à peu jusqu'à la cote actuelle ou au-dessus par les apports des affluents dont les cônes de déjection formèrent le groupe des petits mamelons de *Sallagine.*

Un lac se constitua alors dans lequel les dépôts formèrent la plaine actuelle et l'eau put passer par-dessus le barrage du Val de Fier 361 qui s'abaissa alors rapidement en raison de sa structure inclinée vers l'aval et du peu d'épaisseur des calcaires durs qui le constituaient. Pendant cet abaissement les lits du *Fier* et du *Chéran* s'encaissèrent jusqu'à une deuxième terrasse *en pente vers le val* de 360 à 330 environ correspondant au barrage inférieur où passe la route (celui de 345 ne dut être qu'épisodique et n'est pas marqué sur la rive gauche). Cette terrasse n'atteignit pas généralement la mollasse. Le confluent du Chéran qui se faisait au *Pont Coppet* se reporta un peu à l'Ouest et la largeur du lit se réduisit de moitié, la pente augmentant.

Lors du recul de la glaciation néo-würmienne, le cours d'eau, moins important, creusa dans la deuxième terrasse son lit actuel en s'incrustant à pic dans la mollasse, sauf en quelques points vers l'aval où s'est formée une troisième terrasse discontinue.

Le profil exact du Fier montre nettement la discontinuité entre les deux parties du lit et la capture au *Val de Fier*. Le passage d'un cours d'eau dans cette cluse a donc été tout au moins interrompu pendant une période glaciaire et son creusement s'est achevé *par régression* de 362 à 284 environ.

Tout le long du synclinal de Rumilly on voit les alluvions fluvio-glaciaires

reposer sur le Würmien, qui forme le fond argileux de la vallée de la Deisse jusqu'au Sierroz. Ce torrent, en rompant le prolongement de l'anticlinal mollassique de *Tréserve*, pour y installer son delta, a supprimé la cloison séparant jusqu'à *Voglans* ce synclinal de celui du lac du Bourget, alors plus élevé probablement d'une trentaine de mètres.

En résumé, le *Fier*, en raccourcissant son cours inférieur, depuis le Würmien, d'une vingtaine de kilomètres, ce qui a changé son niveau de base, a pu le creuser d'une quarantaine de mètres et augmenter par captation son cours supérieur sans faire intervenir d'autres phénomènes que les lois naturelles et générales de l'érosion.

GÉOLOGIE. — *Sur l'origine des nappes de recouvrement de l'Andalousie.* Note de M. **Louis Gentil**, présentée par M. Emile Haug.

J'ai montré l'existence de grandes nappes de charriage en Andalousie et leur raccordement avec celles qui, depuis la région de Jaen jusqu'à la province d'Alicante, avaient été mises en évidence successivement par mes regrettés confrères René Nicklès et Robert Douvillé. J'ai limité mon exposé à la grande bande de Trias lagunaire en situation anormale qui, du Rio Guadalhorce, s'étend jusqu'aux environs d'El Tocon sur un parcours de plus de 70^{km}.

Toute la région comprise entre cette remarquable ligne tectonique et la côte méditerranéenne, la « Cordillère Bétique », semble devoir offrir une structure bien plus compliquée, qu'il est possible d'envisager, — sous une forme hypothétique et sous la réserve d'observations futures, — à la lumière des données précises contenues dans les documents de la « Mission d'Andalousie ».

La serrania de Ronda est très vraisemblablement charriée sur son versant nord-ouest. MM. Michel-Lévy et Bergeron l'ont fait pressentir [1] et la carte au 600000e de la Mission montre une bande nummulitique très étroite, longue de plus de 20^{km}, pincée entre les schistes anciens et le Crétacé avec interposition de Jurassique, dont la situation anormale vient à l'appui de cette présomption.

Le beau Mémoire de MM. Barrois et Offret permet une autre interprétation des coupes. La carte de la sierra Nevada, éclairée par un texte nourri de faits, nous révèle

(1) « Le versant nord-ouest est couvert par les plis de refoulement du Jurassique et du Crétacé ». *Mission d'Andalousie*, Paris, Imprimerie Nationale. 1889, p. 174.

l'existence d'une bande de Trias à faciès mixte entourant la zone micaschisteuse de la haute montagne à l'ouest et au nord, depuis Lanjaron jusqu'au delà de Guadix, interrompue entre cette ville et Dolar, par les dépôts miocènes détritiques.

Il en résulte que *ce Trias s'enfonce sous les schistes cristallins de la sierra Nevada et il faut admettre que le Cristallophyllien de la grande chaîne est en recouvrement* (1).

Les hauteurs de la sierra Nevada font donc encore partie du régime des nappes de la zone Subbétique et il faut rechercher plus au sud la zone de racines. On peut voir *dans les contreforts méridionaux de la cordillère Bétique, sur le versant sud de la sierra Nevada, dans le massif paléozoïque de Malaga et le versant sud-est de la serrania de Ronda, la zone de racines des nappes de recouvrement qui s'étendent sur le revers septentrional de la cordillère et sur l'emplacement du détroit Nord-Bétique.*

On est frappé du fait que la nappe triasique qui affleure sur la bordure orientale du bassin de Grenade et au nord de la nappe cristalline de la cordillère appartient au même Trias à faciès mixte que celui des contreforts méridionaux de la sierra Nevada, dans la zone accidentée de Las Alpujaras. Plus à l'ouest, à partir de la sierra Tejeda, les lambeaux triasiques reconnus dans le massif paléozoïque de Malaga, notamment aux environs du Palo (2), affectent le faciès lagunaire, de même que le Trias de la grande nappe d'Antequerra, au nord de la chaîne Bétique. Cela tient au voisinage de la limite de la mer du Trias alpin, ainsi que M. Émile Haug l'a fait remarquer (3). Cette mer, qui a laissé des vestiges indiscutables dans la Calabre et le nord-ouest de la Sicile, s'avançait, au large des côtes du Nord-Africain, jusqu'aux abords des rivages de

(1) Ainsi se trouve remise en question l'interprétation élégante de M. Pierre Termier qui a considéré la haute chaîne espagnole comme appartenant à une *carapace* qui embrasserait également le Rif marocain et dont la partie centrale serait effondrée sous la Méditerranée. Je suis bien convaincu que le Rif ne peut se relier tectoniquement à la cordillère que par le détroit de Gibraltar, son avant-pays étant le détroit Sud-Rifain, à l'opposé du détroit Nord-Bétique. De plus, nous avons montré, MM. Maurice Lugeon, L. Joleaud et moi, que d'importantes nappes se sont détachées de la zone rifaine pour cheminer du nord vers le sud, c'est-à-dire en sens inverse de la progression des nappes andalouses. Quoi qu'il en soit, l'idée de l'éminent académicien que les terrains cristallins qui couronnent la sierra Nevada ont été charriés vers le nord est, à mon sens, parfaitement justifiée [Pierre Termier, *Les problèmes de la Géologie tectonique de la Méditerranée occidentale* (*Rev. gén. des Sc.*, t. 22, 1911, p. 225)].

(2) Marcel Bertrand et Kilian, *Mission d'Andalousie*, *loc. cit.*, p. 397.

(3) *Traité de Géologie*, p. 889 et 897.

l'Andalousie et des Baléares. Au delà s'étendaient les lagunes correspondant au faciès germanique.

Ainsi, il y a identité de faciès du Trias de Las Alpujaras (faciès mixte) et de la nappe triasique qui se trouve en bordure au nord de la sierra Nevada; il y a également identité de faciès (faciès lagunaire) entre le Trias du massif de Malaga et celui de la nappe triasique qui s'étend au nord et au nord-ouest de la zone Subbétique. Ceci posé on trouve dans la coupe transversale de la haute chaîne, relevée par MM. Barrois et Offret, des données fort intéressantes au point de vue de la recherche de la zone de racines (1). Cette coupe me paraît seulement devoir être différemment interprétée.

Entre la mer et Mairena, elle montre les schistes paléozoïques, dont l'ensemble plissé présente les caractères d'une zone de racines de nappes avec synclinaux de Trias à faciès mixte. Et il ressort nettement de cette partie de la coupe que les schistes cristallins de la sierra Nevada, enracinés au bord septentrional de Las Alpujaras, ont entraîné dans leur cheminement vers la zone Subbétique leur couverture triasique à faciès mixte (2). La partie nord de la coupe doit être autrement figurée. Le Trias ne peut être en contact par faille avec le Cristallophyllien, car les contours mêmes de la carte indiquent que ce dernier est en recouvrement sur le Miocène inférieur du bassin de Grenade, qui correspond à une vaste fenêtre due à l'érosion du Rio Genil, dans l'empilement des nappes bétiques et subbétiques, à l'époque tortonienne. Dans le massif de Malaga, on voit les mêmes synclinaux triasiques dans les schistes paléozoïques enracinés.

Toute cette partie accidentée du littoral espagnol correspond très vraisemblablement à la zone de racines des nappes andalouses.

On peut se rendre compte sur la carte, en partant des contreforts méridionaux de la cordillère Bétique, qu'il faut estimer à quelque 90^{km} l'amplitude des nappes de charriage de la zone Subbétique.

---

(1) *Mission d'Andalousie* (*loc. cit.*, fig. 4, p. 95).

(2) La coupe de Lanjaron à Mariana des mêmes auteurs, relevée à 35^{km} plus à l'ouest, montre également le chevauchement des schistes paléozoïques et du Trias sur les schistes cristallins de la sierra Nevada (*loc. cit.*, fig. 9, p. 113).

PHYSIOLOGIE. — *Au sujet de l'équilibre nutritif de l'organisme animal.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Leclainche.

Dans une Note des *Comptes rendus*, présentée à la séance du 22 juillet dernier (t. 167, p. 172), M. F. Maignon relate les expériences qu'il a faites sur l'équilibre nutritif du *rat blanc*, équilibre indiqué par la «fixité du poids». L'alimentation est donnée sous forme de boulettes comprenant le mélange blanc d'œuf et graisse, ou blanc d'œuf et amidon (la nature de ces graisses n'est pas précisée).

Les Tableaux numériques de l'auteur se traduisent de la manière suivante, que je crois plus claire pour ma discussion :

N^{os}.	Ration d'équilibre	Albumine.	Graisse.
	cal	g	g
1........	46,01	6,34	1,585
2........	43,97	4,60	2,30
3........	39,50	2,77	2,77
4........	40,45	2,13	3,20
5........	39,34	1,67	3,34
			Amidon.
6........	56,47	8,10	4,05
7........	50,75	5,59	5,59
8........	59,55	4,47	8,94

Que résulte-t-il de ces chiffres? En comparant les expériences 2 et 8, par exemple, on en déduit que, pour une même quantité d'albumine, *il est plus économique de parfaire la ration d'équilibre avec des graisses qu'avec de l'amidon.* A cet égard, il faut rappeler que les expériences d'Atwater, en 1903, aboutissent, pour l'homme, au résultat exactement contraire ([1]); et celles de Mendel et Lewis non moins ([2]).

Mais les données de M. Maignon l'ont conduit à une seconde conclusion: c'est qu'en abaissant peu à peu la ration azotée au profit de la ration grasse, on atteint un rapport pour lequel l'équilibre nutritif se réalise avec un minimum d'énergie. Ce rapport est celui de l'égalité de poids entre graisse et albumine; le taux est de $2^g,75$ environ par 100^g d'animal.

([1]) Atwater et Benedict, *Bull. de Washington*, n° 136, 1903, p. 180.

([2]) *Journ. of Biol. Chemistry*, t. 16, 1913, p. 37.

Nous étions arrivé à cette conclusion, en 1909, à la suite de laborieuses recherches d'alimentation humaine, ainsi résumées dans le *Moteur humain*, p. 289 :

« Après des jeûnes de 40 heures chaque fois, on a fourni à un homme de 54^{kg}, qui produit 36089^{kgm} = 85^{cal}, sur le cycle à frein, en 4 heures, une ration de 2600^{cal}, comprenant 1750^{cal} d'hydrate de carbone régulièrement. Les résultats furent les suivants :

Protéiques	93^{cal}	330^{cal}	652^{cal}
Graisses	750^{cal}	513^{cal}	191^{cal}
Gain de poids	443^{g}	1218^{g}	707^{g}

moyenne de plusieurs jours. »

Ce qui avait permis de formuler cette observation : « Un sujet inanitié regagne son poids *plus vite* en absorbant des substances ternaires (des *graisses* d'après mes expériences) que des protéiques, pourvu que ces derniers soient dans la proportion de 2^{g} par kilogramme de poids. »

Il est clair qu'un optimum représenté par 330^{cal} de protéiques et 513^{cal} de graisses, soit, pour adopter le mode de calcul de M. Maignon, 1 d'albumine et 0,7 de graisses, favorise le plus le rétablissement de poids du corps.

C'est tout ce que j'admets légitimement et que les recherches de M. Maignon ont confirmé.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *De la vaccination contre la dysenterie par la voie buccale.* Note de M. **A. Besredka**, présentée par M. Roux.

Malgré la fréquence de la dysenterie bacillaire dans l'armée, jusqu'à présent on n'a presque pas eu recours à la vaccination. Non pas que l'on mette en doute l'efficacité de la méthode; les expériences de laboratoire sont aussi favorables au vaccin antidysentérique qu'aux vaccins typho-paratyphiques. Ce qui empêche chez l'homme l'application du vaccin en question, c'est sa grande toxicité en injection sous-cutanée.

Au début de la guerre, des essais de vaccination antidysentérique furent tentés dans l'armée russe; on dut y renoncer, les bénéfices de la méthode ayant été jugés hors de proportion avec les accidents observés. En Angleterre, la question est à l'étude; on y cherche à pallier les inconvénients de la vaccination par l'emploi d'un vaccin sensibilisé par un sérum spécial

(Gibson). En Allemagne, on cherche maintenant de plus en plus des moyens prophylactiques contre la dysenterie. A en juger par les récentes publications, les préférences des Allemands vont au vaccin dit « Dysbacta » (Boehncke), sorte de vaccin sensibilisé (combinaison de bacilles, de toxine et d'antitoxine dysentériques). En France il n'a pas été fait, à notre connaissance, usage de vaccin antidysentérique dans l'armée.

Au cours des recherches que nous poursuivons depuis le début de la guerre sur les infections d'origine intestinale, nous avons fait une série d'observations se rattachant à la dysenterie et peut-être susceptibles d'être utilisées chez l'homme. Nous en résumerons quelques-unes ([1]).

Expérience I. — Deux lapins (1360g et 1490g) reçoivent par la bouche des bacilles Shiga tués par un chauffage à 60° pendant 1 heure; chacun avale la valeur d'un quart de culture sur gélose, en boîte de Roux.

Cinq jours après, les deux lapins sont trouvés morts. A l'autopsie : suffusions hémorragiques étendues sur le cæcum et une grande partie du gros intestin, pareilles à celles que l'on voit à la suite de l'inoculation de bacilles vivants dans les veines. Rien d'anormal ailleurs. Sang et biles stériles. (Notons que chez certains lapins ayant succombé à l'ingestion de bacilles chauffés, nous avons constaté des selles sanguinolentes tout comme dans la dysenterie humaine.)

Deux lapins (1900g et 1960g) reçoivent par la bouche chacun le quart d'une culture de bacilles Shiga chauffés (60°, 1 heure). On n'observe rien d'anormal les jours suivants; le poids des lapins ne diminue pas. Au bout de 5 jours on sacrifie l'un d'eux : on ne constate aucune lésion, excepté au niveau du gros intestin, des foyers hémorragiques circonscrits, témoins d'un processus inflammatoire en voie de rétrogression. L'autre lapin se porte bien et continue à augmenter de poids.

Donc, des cultures dysentériques tuées, introduites *per os*, peuvent provoquer des lésions de dysenterie vraie, dont l'intensité varie suivant la résistance de l'animal.

Expérience II. — Trois lapins (1680g, 1670g, 1830g) reçoivent chacun, *per os*, des bacilles Shiga chauffés (60°, 1 heure) un quart de culture sur boîte de Roux. Avant l'ingestion et après, à des intervalles différents, on examine le pouvoir agglutinant de leur sérum vis-à-vis d'une émulsion de Shiga.

Avant l'ingestion, les sérums des trois lapins n'agglutinent pas, même à $\frac{1}{25}$. Après l'ingestion, les sérnms agglutinent : après 11 jours, à $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{50}$; après 18 jours, à $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{200}$, $\frac{1}{100}$; après 1 mois, à $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{25}$, $\frac{1}{25}$.

([1]) Le bacille dysentérique nous a été obligeamment fourni par M. Legroux.

Il s'ensuit que l'ingestion de bacilles dysentériques chauffés donne naissance à une réaction agglutinante appréciable.

Expérience III. — A. Lapin, 1780g, ayant reçu 3 semaines auparavant un quart de culture de bacilles Shiga (60°, 1 heure) *per os*, est injecté dans les veines avec $\frac{1}{10}$ de culture sur gélose de bacilles Shiga vivants.

Lapin, 1800g, témoin, reçoit la même dose de bacilles Shiga vivants dans les veines. Le lendemain, ce dernier est trouvé mort; le premier survit définitivement.

B. Lapin, 2180g, reçoit à deux reprises (12 et 15 juillet), *per os*, $\frac{2}{20}$ de boîtes de bacilles de Shiga (60°, 1 heure).

Lapin, 2070g, reçoit à deux reprises (13 et 15 juillet), *per os*, de la bile de bœuf d'abord, puis 5 minutes après $\frac{2}{20}$ boîtes de bacilles de Shiga (60°, 1 heure).

Lapin, 2400g, témoin.

Une dizaine de jours après (23 juillet), on injecte à tous les trois lapins, dans les veines, $\frac{1}{10}$ de culture sur gélose de bacilles de Shiga vivants.

Le lendemain, ce dernier lapin, le témoin, est mort dans la soirée; les deux autres ont survécu définitivement.

Donc, l'ingestion des corps de bacilles dysentériques tués (60°, 1 heure), seuls ou combinés avec de la bile, vaccine contre l'inoculation de virus vivant dans les veines.

Quel est le mécanisme de l'immunité ainsi acquise? Y a-t-il des rapports entre elle et l'apparition des anticorps dans le sang?

Des faits que nous exposerons prochainement nous portent à croire que l'immunité en question a pour siège l'intestin, qu'elle s'établit à la suite d'une ébauche de lésions dysentériques; elle est donc purement *locale*.

En résumé :

En faisant ingérer au lapin des cultures dysentériques tuées, on reproduit le syndrome anatomo-clinique pareil à celui que provoque le virus vivant.

Suivant le poids de l'animal ou la dose de bacilles avalée, on peut reproduire toutes les formes de dysenterie, depuis l'atteinte bénigne avec lésions fugaces jusqu'à la forme grave avec selles sanguinolentes se terminant par la mort.

Une atteinte très légère de dysenterie, consécutive à un repas de microbes chauffés, suffit pour que l'animal devienne réfractaire à l'infection par des bacilles vivants et virulents.

Cette immunité est telle que l'animal supporte, en inoculation intraveineuse, une dose de virus qui tue le témoin en 24 heures.

Vu l'innocuité du procédé, il y a lieu de l'essayer chez l'homme à titre préventif et curatif.

THÉRAPEUTIQUE. — *Sur la sérothérapie antigangréneuse par un sérum multivalent.* Note de MM. **H. Vincent** et **G. Stodel**, présentée par M. Charles Richet.

Dans une Communication récente, nous avons signalé qu'on peut préparer un sérum efficace, préventif et curatif de la gangrène gazeuse ([1]). Les principes sur lesquels nous nous sommes fondés pour la préparation de ce sérum sont les suivants :

1° L'ensemencement des tissus prélevés dans les foyers gangréno-gazeux met en évidence une diversité assez grande des agents pathogènes de la lésion. Il est actuellement démontré que plusieurs espèces anaérobies doivent être plus particulièrement incriminées dans l'étiologie de la gangrène gazeuse : *Bac. perfringens*, de beaucoup le plus important; vibrion septique; *Bac. œdematiens* (Weinberg et Séguin); à côté d'eux, et en associés ou en satellites, on peut rencontrer d'autres espèces anaérobies : *Bac. sporogenes*, *Bac. putrificus*, *Bac. fallax* et *Bac. aerofœtidus* de Weinberg et Séguin, etc. Sacquépée a rencontré fréquemment une espèce qu'il a décrite sous le nom de *Bac. bellonensis*.

La gangrène gazeuse n'est donc pas *une* dans sa nature : c'est un syndrome actionné par des anaérobies différents intervenant tantôt à l'état isolé, tantôt et plus souvent en association.

En conséquence, pour être efficace, *la sérothérapie de la gangrène gazeuse doit viser simultanément les divers microbes susceptibles de provoquer cette affection*. Sinon, elle ne donne que des résultats nuls ou insuffisants.

2° Les lésions déterminées par le processus gangréno-gazeux relèvent : *a.* de l'envahissement des tissus par les bacilles anaérobies (action microbienne); *b.* de l'empoisonnement des cellules vivantes (tissus musculaire et cellulaire, hématies) ainsi que du système nerveux, par les produits de sécrétions de ces microbes (action protéolytique et toxique).

([1]) H. Vincent et G. Stodel, *Sur un sérum préventif et curatif de la gangrène gazeuse* (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 137).

C'est pourquoi un sérum, pour être efficace, doit être à la fois antimicrobien et antitoxique.

3° Des expériences anciennes [1] ont établi l'importance des associations microbiennes dans la multiplication de certains anaérobies. Les recherches de Besson pour le vibrion septique, celles de Weinberg et celles que nous avons faites démontrent que l'association des espèces pathogènes (*B. perfringens*, vibrion septique, *B. œdematiens*, etc.) est beaucoup plus virulente et plus rapidement mortelle que la même dose de chacun de ces bacilles injectée isolément. L'injection intramusculaire du mélange de trois de ces microbes (*B. perfringens*, vibrion septique, *Bac. sporogenes*) tue le cobaye de 400^g en 10 à 18 heures à la dose de $\frac{1}{10}$ de centimètre cube.

Ce n'est donc pas en mélangeant des sérums provenant de chevaux immunisés séparément contre chacun des bacilles qui déterminent la gangrène gazeuse qu'on peut obtenir un sérum offrant le maximum d'action protectrice et curative. *Ce résultat optimum sera réalisé en injectant au même cheval le mélange de ces cultures pathogènes*, puisque leur association leur communique un surcroît considérable de virulence.

Pour la préparation de notre sérum, nous utilisons actuellement 14 espèces ou races microbiennes comprenant : *Bac. perfringens*, vibrion septique, *Bac. œdematiens*, *Bac. sporogenes*, *Bac. putrificus*, *Bac. bellonensis* de Sacquépée, etc. On s'est assuré par inoculation au cobaye de leur pouvoir pathogène. Enfin, lorsque l'ensemencement des tissus gangréneux prélevés sur l'homme nous donne une race particulièrement active, ce microbe est annexé à ceux qui servent à l'immunisation de nos chevaux.

Nous avons commencé à immuniser simultanément ces mêmes chevaux contre le tétanos.

Les savants qui ont étudié la sérothérapie de la gangrène gazeuse n'ont pas, jusqu'ici, fait connaître leur technique. Ils ont signalé, cependant, qu'ils emploient, comme antigène, soit des cultures totales en bouillon simple ou en bouillon glycosé à 2 pour 1000, soit le centrifugat de ces cultures.

Par ce procédé, de même que par l'emploi de cultures sur milieu solide, nous avons obtenu des sérums qui ont témoigné d'une activité insuffisante

---

[1] VAILLARD et H. VINCENT, *Recherches expérimentales sur le tétanos* (*Comptes rendus*, t. 112, 1891, p. 239, et *Annales de l'Institut Pasteur*, 25 janvier 1891). — H. VINCENT, *Annales de l'Institut Pasteur*, 25 octobre 1896.

chez les animaux soumis à l'épreuve spéciale de contrôle que nous avons adoptée et dont nous avons précédemment donné la description [1].

D'ailleurs l'injection de grandes masses de bouillon dans la veine du cheval a des inconvénients très sérieux, en raison des substances étrangères qu'elle introduit dans le sang (peptone, etc.). Elle amène des symptômes morbides graves qui obligent d'interrompre fréquemment l'immunisation.

C'est pourquoi nous avons utilisé une autre méthode [2]. Chaque microbe pathogène est cultivé sur gélose. On en fait des émulsions dans l'eau physiologique. Les flacons contenant, sous une couche d'huile, ces suspensions microbiennes sont portés à l'étuve à 38°. On les y laisse pendant 2 à 4 jours ou davantage. Pendant cette période, la végétation microbienne se poursuit. Cette deuxième culture s'enrichit en donnant lieu à un dégagement de gaz odorants; le milieu est riche en endo- et en exotoxines.

Ces macérations mélangées sont injectées à la dose initiale de 10^{cm^3}, puis à doses progressivement croissantes dans la veine des chevaux. Ceux-ci peuvent fournir un sérum très protecteur à partir du troisième mois. Des essais sont poursuivis en vue d'abréger la durée de l'immunisation par l'injection initiale de sérum antigangréneux et d'antigène.

Le sérum ainsi obtenu a déterminé des guérisons inespérées. Depuis notre précédente Communication, il a donné de nouvelles guérisons de formes sérieuses ou sévères et, fait important, il a permis, chez quelques blessés, la conservation du membre sans le secours de l'amputation ou de la désarticulation.

PATHOLOGIE. — *Un cas de sporotrichose pulmonaire*. Note [3] de MM. **A. Sartory**, **G. Blaque** et **Schulmann**, présentée par M. H. Lecomte.

Si les exemples d'affections causées par le *Sporotrichum Beurmanni*, soit au niveau de la peau, soit dans la profondeur des tissus osseux, sont

(1) H. Vincent et G. Stodel, *Comptes rendus*, t. **164**, 1917, p. 870, et t. **167**, 1918, p. 137.

(2) Cette méthode est applicable à la préparation d'autres sérums (H. Vincent).

(3) Séance du 29 juillet 1918.

aujourd'hui relativement nombreux, il n'en va pas de même de celles que ce parasite occasionne aux poumons. L'Ouvrage de Beurmann et Gougerot, dans lequel la question des sporotrichoses est traitée à fond, ne contient, au total, que deux cas de lésions pulmonaires provoquées par ce *Sporotrichum;* encore l'étude microscopique de ces deux observations ne semble-t-elle pas avoir été pratiquée d'une façon suffisamment précise.

Le cas que nous relatons aujourd'hui présente ce fait intéressant qu'il s'agit d'un malade ayant été soigné, il y a sept ans, pour sporotrichose cutanée généralisée.

Ce sujet entra dans le service de l'un de nous, le 3 mai 1918, comme tuberculeux. Il avait en effet tous les signes apparents de la tuberculose; l'auscultation et la radiographie révélèrent en outre l'existence de deux tumeurs, l'une nettement délimitée dans le poumon gauche, l'autre diffuse dans le poumon droit.

Nous entreprîmes alors une série de recherches bactériologiques qui nous permirent d'arriver aux résultats suivants.

Tout d'abord, les crachats du malade furent étudiés; colorés par la méthode de Ziehl-Neelsen, ils ne montrèrent jamais le moindre bacille de Koch.

Par contre, au milieu d'une flore bactérienne très variée, nous pûmes observer quelques corpuscules assez gros, courts, mesurant environ 4^{μ} de long sur 2^{μ} à 3^{μ} de large et affectant la forme dite en « navette ».

Mais l'extrême rareté de ces organismes ne pouvait permettre de donner une explication précise quant à leur nature.

Nous décidâmes alors, le 5 juin 1918, de pratiquer une ponction au niveau de la tumeur siégeant dans le poumon droit; le liquide recueilli fut ensemencé sur-le-champ sur milieu de Sabouraud. Les tubes de cultures furent déposés dans une étuve réglée à $+ 22^{\circ}$.

Ce n'est que le 17 juin, c'est-à-dire douze jours après l'ensemencement, que la culture sembla donner un résultat. En un certain point de la gélose apparut tout d'abord une petite tache grisâtre, dont le pourtour blanchit aussitôt. Le 20 juin, excentriquement à elle, commença à se développer un voile affectant la forme d'un sphérocristal; il est délicatement rayonné, finement denté sur les bords, et sa couleur est blanc d'argent.

Au 14 juillet, cette colonie initiale est nettement circulaire et a environ 2^{cm} de diamètre; elle est entourée d'une frange large de 2^{mm}, finement dentée, très blanche, tandis que le reste de la colonie est devenu gris cendré.

Dès le 28 juin, nous avions effectué des repiquages à l'aide de la culture primordiale sur *gélose glycosée peptonée* de Sabouraud, sur carotte et sur pomme de terre.

Sur gélose de Sabouraud, au bout de deux jours apparaissent plusieurs taches blanc grisâtre, mates, circulaires. Cinq jours après le réensemencement, les colonies commencent à confluer; elles ont environ 5^{mm} de diamètre, ont un pourtour nettement délimité et un centre formé par un point brun rougeâtre. Leur aspect est astéroïde et elles sont très délicatement radiées. La couleur est blanc grisâtre; les bords, franchement blancs et assez larges, constituent une sorte d'auréole lui donnant quelque peu l'aspect d'une cocarde.

Au 5 juillet, les colonies sont toutes confluentes; leur centre a légèrement bruni, mais leur bord est resté blanc et fait, en outre, sensiblement saillie.

Au 12 juillet, le brunissement s'est accentué et semble s'étendre à toute la culture.

Au 14 juillet, la culture qui a encore bruni dans son ensemble offre des parties de teintes différentes; les unes sont café au lait, d'autres brun chocolat. Quelques rares régions, et notamment celles au voisinage de l'extrémité inférieure du tube de culture, sont demeurées blanches, ainsi que les colonies astéroïdes poussées sur le verre même du tube. La gélose elle-même s'est considérablement pigmentée, et de jaune est devenue brun rougeâtre.

L'ensemble des colonies a quelque chose de tourmenté, présente des parties saillantes plus ou moins surélevées, sinueuses, et qui rappellent l'aspect des circonvolutions cérébrales.

Sur carotte. — Dès le 1er juillet, apparaît un bouquet d'aiguilles blanches; au 3 juillet, il est possible de noter une colonie très nette, très saillante, en forme de piquants, chaque article étant pénicillé. Cette colonie est blanchâtre, elle s'entoure d'une fine auréole ellipsoïde.

Le 5 juillet, les piquants ont disparu sous un feutrage épais, blanc neigeux. Par la suite, ce feutrage va devenir de plus en plus touffu, mais demeurera blanc.

Sur pomme de terre. — Rien n'apparaît encore le 1er juillet, mais, le 2, on voit se dessiner de légers traits blancs. Au 3 juillet, existent quatre colonies circulaires, astéroïdes, blanches à centre brun, rappelant celles qui poussent sur gélose. Elles sont cependant plus duveteuses que ces dernières et offrent moins l'aspect de cocarde. Au 12 juillet, les colonies atteignent près de 1^{cm} de diamètre; elles ont l'aspect cérébroïde et sont un peu grisâtres. A leur niveau, la pomme de terre a pris une teinte violacée qui va foncer avec le temps.

L'examen microscopique du champignon constituant toutes ces cultures fut pratiqué d'après la technique de *Gougerot*, c'est-à-dire en portant sur la platine du microscope inclinée à 45° un tube de culture sur gélose glycérinée. Il est ainsi possible d'étudier les petites colonies parasitaires, transparentes, poussées sur le verre. Celles-ci

sont constituées par un enchevêtrement de filaments cloisonnés incolores, très longs, ramifiés de façon tout à fait irrégulière. Leur diamètre est d'environ 2μ. Sur ces filaments naissent de place en place, à l'extrémité de courts pédicelles, des spores ovoïdes mesurant 3μ,6 de long sur 2μ,4 de large. Quelquefois isolés, ces spores sont plus fréquemment groupés en bouquets conidiens formant des glomérules pouvant atteindre 10μ.

De l'ensemble de ces données microscopiques et macroscopiques, il résulte que le parasite que nous avons isolé d'une tumeur qualifiée de tuberculeuse n'est autre que le *Sporotrichum Beurmanni*. Il possède bien tous les caractères que les différents auteurs lui ont reconnus, et notamment la difficulté de sa culture initiale et son pléomorphisme : pléomorphisme occasionné par la variation de milieu, et sur le même milieu par l'âge de la culture et par la place occupée dans celle-ci par les différentes colonies.

Cette présence du *Sporotrichum Beurmanni* dans le poumon prouve, après les *Oosporoses*, que les Mucédinées sont capables de provoquer des lésions pulmonaires et un état morbide simulant la tuberculose. Aussi nous semble-t-il intéressant d'insister à nouveau sur la nécessité de l'examen bactériologique systématique de tous les suspects de tuberculose, examen qui sera seul capable de dépister les cas dans lesquels l'affection ne peut être attribuée au *Bacille de Koch*.

M. E. **Tournier** adresse une Note relative au rendement de certaines machines marines (1).

M. le Dr **Baronaki** adresse une Note intitulée : *Étude sur la genèse du cancer* (2).

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

A. Lx.

(1) Note reçue en la séance du 22 juillet 1918.
(2) Note reçue en la séance du 29 juillet 1918.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de juillet 1918.

Cours de chimie à l'usage des étudiants P. C. N. et S. P. C. N., par R. de Forcrand, deuxième édition, tome I : *Généralités — Chimie minérale*. Paris, Gauthier-Villars, 1918; 1 vol. 23cm.

Recherches sur la théorie ionique de l'excitation, par P. Lasareff. Première partie : *Théorie et lois des excitations liminaires des muscles, des nerfs et des terminaisons nerveuses dans les organes des sens*. Moscou, Société des éditions scientifiques, 1918; 1 vol. 26cm.

Ministère de l'agriculture. *Annales du service des épiphyties*, publiées par P. Marchal et E. Foex, tome IV : *Mémoires et rapports présentés au comité des épiphyties en* 1915. Paris, Lhomme, 1917; 1 vol. 27cm.

Correspondance de Charles Gerhardt, publiée et annotée par Marc Tiffeneau, tome I : *Laurent et Gerhardt*. Paris, Masson, 1918; 1 vol. 22cm,5. (Présenté par M. Haller.)

L'Observatoire du Mont-Ventoux, par le Dr Pamard. Avignon, François Seguin, 1918; 1 fasc. 25cm.

Recherches sur les mouvements propres des étoiles dans la zone photographique de Helsingfors, par Ragnar Furuhjelm; fasc. I : *clichés de* 9h *à* 12h. Helsingfors, Société de littérature finnoise, 1916; 1 fasc. 29cm. Extrait des *Acta Societatis scientiarum fennicæ*, t. XLVIII, n° 1.

Festskrift tillegnad Anders Donner på hans sextioårsdag den 5 *november* 1914 *af forne elever*. Helsingfors, 1915; 1 vol. 27cm,5.

The Institution of civil engineers. Commemoration of the fouding of the institution on the 2nd *january* 1918. *Record of the origin and progress of the institution*, by J. H. T. Tudsbery. London, publ. by the Institution, 1918; 1 fasc. 21cm,5.

Report of the British association for the advancement of science, 1917. London, John Murray, 1918; 1 vol. 22cm.

Canada. *Rapport sommaire de la commission géologique du ministère des mines pour l'année civile* 1916. Ottawa, J. de L. Taché, 1917; 1 vol. 25cm.

Canada. Ministère des mines. Division des mines. N° 217 : *Iron Ore Occurrences in Canada*, in two volumes, by E. Lindeman and L. L. Bolton; vol. II (text and

appendix) : *Descriptions of Iron Ore Occurrences*; — n° 402 : *L'industrie du feldspath au Canada*, par HUGH.-S. DE SCHMIDT; — *Recherches sur le cobalt et ses alliages, faites à l'Université Queens, Kingston, Ontario; quatrième partie : Les alliages de cobalt à propriétés non corrosives*, par HERBERT-T. KALMUS et K.-B. BLAKE. Ottawa, Imprimerie du Gouvernement, 1917; 3 vol. et 1 carton. 24cm,5.

The american ephemeris and nautical almanac for the year 1920. Washington, Government printing office, 1917; 1 vol. 24cm.

Library of Congress Report of the librarian of Congress and report of the superintendent of the library, building and Grounds, for the fiscal year ending june 30, 1917. Washington, Government printing office, 1917; 1 vol. 25cm.

Annual report of the board of regents of the Smithsonian Institution showing the operations, expenditures, and condition of the institution for the year ending june 30, 1916. Washington, Government printing office, 1917; 1 vol. 23cm,5.

Smithsonian Institution. United States national Museum. Bulletin 97 : *The Grapsoid crabs of America*, by MARY J. RATHBUN. Washington, Government printing office, 1917; 1 vol. 24cm,5.

Impotence and sterility with aberrations of the sexual function and sex-gland implantation, by G. FRANK LYDSTON. Chicago, The Riverton Press, 1917; 1 vol. 22cm,5.

Statistiek van den handel en de in- en uitvoerrechten in Nederlandsch-Indië over het jaar 1915, deel III; — *over het jaar* 1916, deel IIa (Java en Madoera), deel IIb (Buitenbezittingen) en déel III. Weltevreden, N. V. Uitg. « Papyrus », 1917; 4 vol. 27cm,5.

Universidad nacional de La Plata. Facultad de ciencias físicas, matemáticas y astronómicas. *Anuario para el año* 1917, n° 8. La Plata, 1917; 26cm,5.

Universidad nacional de La Plata. Observatorio astronómico. *Resultado de las observaciones con la ecuatorial de 433 milimetros de abertura efectuadas de* 1912 *a* 1917 *por* BERNHARD H. DAWSON. Tomo IV, parte 1a. La Plata, 1918; 1 vol. 29cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 AOUT 1918.

PRÉSIDENCE DE M. P. PAINLEVÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE DES SEMI-FLUIDES. — *Confirmation, pour un bloc épais, du principe de la théorie approchée du poinçonnage, c'est-à-dire de la possibilité d'y négliger l'action tangentielle du cylindre central sur la partie annulaire; et, cela, par comparaison avec le cisaillement auquel donne lieu, quand le bloc s'est aminci, l'exagération relative de cette action tangentielle; formules de Tresca pour la hauteur des débouchures se produisant alors.* Note (¹) de M. **J. Boussinesq.**

I. On peut, en résumé (²), s'expliquer avec quelque approximation les phénomènes de poinçonnage, en négligeant les composantes tangentielles de pression exercées, dans le sens du mouvement du poinçon, entre les fibres contiguës du bloc poinçonné parallèles à ce mouvement. Pour pouvoir annuler les composantes en question, et même les glissements correspondants entre fibres (sauf à travers le prolongement, dans le bloc, de la surface latérale du poinçon), on introduit sur les faces de ce bloc, supposées toutes parallèles ou perpendiculaires au mouvement, des pressions uniquement normales, réglées convenablement, et se neutralisant au total sur chaque surface *libre;* en sorte que les deux parties du bloc, l'une centrale, l'autre annulaire, séparées par ce prolongement de la surface latérale du

---

(¹) Séance du 22 juillet 1918.

(²) Voir les deux derniers *Comptes rendus.*

poinçon, n'éprouvent que des déformations simples, laissant invariable dans chacune l'orientation tant des fibres parallèles au mouvement que des couches perpendiculaires.

Dans ces conditions, les pressions principales y sont aussi, partout, parallèles aux fibres ou aux couches considérées; et l'on y exprime aisément l'égalité à $2K$ de la différence des deux pressions principales extrêmes : ce qui est la relation admise comme caractérisant la semi-fluidité d'un corps plastique.

Il faut, dès lors, que les glissements mutuels, *finis et inévitables*, des deux parties centrale et annulaire se fassent *sans frottement*, ou qu'il y ait (fictivement) *rupture* entre elles, avec *poli parfait* de leur surface séparative, *fixe dans l'espace;* car la matière qui franchit celle-ci est censée, à chaque instant, incorporée à la partie vers laquelle elle se porte, et dissociée ou désagrégée de celle qu'elle quitte.

Sans doute ces hypothèses, *hors desquelles le problème semble inabordable*, suppriment une circonstance importante, en jeu dans le phénomène; mais elles laissent subsister les deux les plus capitales, qui sont l'écrasement continu de la partie centrale, avec l'expansion soit principalement latérale, soit latérale et en sens inverse du mouvement du poinçon, dans la partie annulaire. Et elles font du poinçonnage un mode de déformation assez simple, accessible au calcul.

II. Mais quand la plaque rigide supportant le bloc poinçonné porte en son centre un orifice de même rayon R_0 que le poinçon, comme nous avons dit, un second mode, encore plus simple, s'offre à l'esprit, en tant que possible, au moins théoriquement. C'est le *cisaillement* du cylindre central par le poinçon, c'est-à-dire le glissement de toute la surface latérale $2\pi R_0 H$ du cylindre central suivant les génératrices, avec production sur elle de la force tangentielle maximum $T_m = K$, réalisant la rupture de ce cylindre d'avec la partie annulaire et l'expulsion d'une *débouchure*, qui se détache sans avoir éprouvé un changement de figure notable. Bref, ce second mode est constitué précisément par l'exagération de la composante tangentielle, même et surtout à travers la surface séparant les deux parties du bloc, qu'on négligeait dans le poinçonnage, composante qui devient à son tour prédominante et simplifie le phénomène en mettant dans l'ombre l'expansion de la partie annulaire.

Appelons $\mathfrak{F}$ la poussée du poinçon capable d'opérer ce cisaillement. Elle y est équilibrée par la résistance contraire $K(2\pi R_0 H)$ de la partie annu-

laire que maintient fixe le plateau sous-jacent; et il vient

$$\mathcal{F} = 2\pi K R_0 H. \tag{1}$$

Cette poussée, au lieu de dépendre, comme celle, F, de poinçonnage, du rayon R_1 du bloc, est proportionnelle à son épaisseur actuelle H. Donc, tant que l'épaisseur H rendra $\mathcal{F}$ plus grand que F, l'effort (3) ou (5) de mes deux dernières Notes, savoir

$$(2)\quad \begin{cases} F = 2K\pi R_0^2 \left(1 + \log \dfrac{R_1}{R_0}\right) & \text{(surface latérale libre)}, \\ F = K\pi R_0^2 \left(3 + \dfrac{2R_1^2}{R_1^2 - R_0^2} \log \dfrac{R_1}{R_0}\right) & \text{(surface latérale inextensible)}, \end{cases}$$

exercé pour produire le poinçonnage, sera impuissant à opérer le cisaille ment, circonstance bien de nature à indiquer que le rôle des glissements se trouve alors secondaire; et le poinçonnage continue. Par le fait même, les courbures prises par la base inférieure πR_0^2 du cylindre central resteront insignifiantes; et tout s'y passera sensiblement comme si l'orifice était bouché.

Mais dès que l'épaisseur du bloc sous le poinçon n'aura plus qu'une valeur h rendant $\mathcal{F}$ égal à F, le cisaillement deviendra évidemment possible, puis, aussitôt après, imminent; car, dans la nature, où les mouvements vibratoires et autres circonstances accidentelles offrent sans cesse des occasions de se produire à toutes les ruptures d'équilibre possibles, et, en particulier, aux modifications de figure, dites *les plus faciles*, exigeant les moindres efforts, ou corrélatives, pour des efforts donnés, aux plus grands effets, ce sont celles-là qui surviennent inévitablement [1].

III. La hauteur h de la *débouchure* détachée par le cisaillement s'obtiendra donc en égalant $2K\pi R_0 h$ à l'un ou à l'autre des seconds membres de (2). La constante spécifique K disparaît comme facteur commun et l'on a

$$(3)\quad \text{(surface latérale libre)} \qquad h = R_0\left(1 + \log\frac{R_1}{R_0}\right),$$

$$(4)\quad \text{(surface latérale inextensible)} \qquad h = R_0\left(\frac{3}{2} + \frac{R_1^2}{R_1^2 - R_0^2}\log\frac{R_1}{R_0}\right).$$

[1] C'est ainsi que, par exemple, la rupture d'un massif terreux soutenu par un mur se fait suivant la surface qui laisse au poids du mur le plus d'action possible pour renverser le mur et amener la déformation maximum du système formé par le mur et le massif.

Telles sont les formules, pareilles chez tous les corps plastiques, qu'a données Tresca pour évaluer la hauteur des débouchures ([1]). Il a vérifié en particulier la première, (3), sur des blocs d'une suffisante épaisseur et assez larges pour que le poinçon n'en écrasât presque que le cylindre central. Ses expériences à cet effet ont porté non seulement sur le plomb, mais aussi sur la cire à modeler, diverses pâtes céramiques, enfin, même sur le cuivre et le fer ([2]).

IV. En somme, le cisaillement des débouchures, évidemment dû à l'exagération de l'action tangentielle verticale du cylindre central sur la partie annulaire des blocs, nous renseigne sur ce que peut cette action tangentielle, dont le rôle prédomine ainsi quand les épaisseurs H sont assez faibles. Mais il nous montre, par le fait même, l'effacement de ce rôle chez les blocs épais : ce qui nous justifie de l'avoir négligé, dans la théorie du poinçonnage comparativement au rôle de l'expansion latérale.

ASTRONOMIE. — *Les Observatoires du collège d'Harcourt, aujourd'hui lycée Saint-Louis.* Note de M. G. **Bigourdan.**

Les deux Le Monnier, père ([3]) et fils ([4]) ont observé pendant quelques années au collège d'Harcourt, et même successivement en deux endroits

---

([1]) Il n'a, cependant, indiqué explicitement que (3).

([2]) Voir la page 215 de son *Mémoire sur le poinçonnage des métaux.*

([3]) *Pierre* Le Monnier (Saint-Sever, près de Coutances, 1676 (1675?) juin 28 — † Paris, 1757 novembre 27) devint membre de l'Académie des Sciences comme adjoint géomètre le 29 août 1725 et passa associé vétéran le 8 février 1736. Au collège d'Harcourt il professait la *philosophie* qui alors comprenait les Sciences, comme le montre son Cursus philosophicus *ad scholarum usum accommodatus*, Paris, 1750, 6 vol. in-12; il renferme, en effet, les parties suivantes : *Logique*, *Métaphysique*, *Arithmétique*, *Algèbre*, *Physique générale* (Cosmographie, Optique, ...), *Physique particulière* (Chimie, Météorologie, Histoire naturelle), *Morale*, *Trigonométrie*, *Gnomonique*.

([4]) *Pierre-Charles* Le Monnier (Paris, 1715 novembre 23 — † Héril, près de Bayeux, 1799 avril 2) fut admis à l'Académie des Sciences comme adjoint géomètre le 21 avril 1736 et devint associé géomètre le 8 mars 1741, puis pensionnaire astronome le 16 février 1746. Avant son entrée à l'Académie il s'était fait connaître dans un cercle restreint par ses observations de la Lune faites à la rue des Postes, par un projet de *Sélénographie*, enfin en expliquant pourquoi le diamètre lunaire vertical,

différents; mais les données pour conclure les coordonnées de ces points sont assez incomplètes, contradictoires même, et d'ailleurs dispersées. Voici d'abord les renseignements imprimés que j'ai trouvés :

Au Livre III de ses *Obs.* ℭ (p. iij), Le Monnier dit qu'en 1741 il a été obligé d'abandonner le collége d'Harcourt, et en note il ajoute :

L'ancienne tour de la ville, appelée la *Tour de Pascal* (¹), fut masquée par un bâtiment en 1732; et dans la partie boréale de la Maison d'Harcourt, ayant changé de logement en 1737, on n'y auroit pu placer qu'un arc mural de deux pieds de rayon, ce qui étoit insuffisant pour construire le Catalogue des Étoiles zodiacales.

Ces indications sont d'autant plus obscures que Le Monnier n'avait pas encore parlé explicitement de la tour de Pascal. Ce qu'il ajoute plus loin (*Obs.* ℭ, I, 43, et II, 13) les éclaire légèrement :

Mon nouveau quart de cercle mobile de 30 pouces de rayon a été placé le 7 février [1736], proche la Tour située au-dessous de la porte Saint-Michel, et 20″ plus au nord que le quart de cercle mural [de la rue des Postes]; lieu auquel j'observe depuis cinq années....

Le 4 [janvier 1736] dans un lieu plus septentrional de 45″ que l'Observatoire... (²).

De son côté, Lalande (*Bibl. Astr.*, p. 820) écrit :

Les premières observations [de Le Monnier fils], en 1740, furent faites dans la tour de Pascal, qui est de l'ancienne enceinte de Paris, au *nord* du collége d'Harcourt.

Or il est constant que la tour de Pascal est au sud-ouest du collége; en outre, en 1740, Le Monnier n'observait plus près de la tour de Pascal. Quelques indications fournies tant par les observations imprimées que par les manuscrits de Le Monnier vont permettre d'éclaircir ces contradictions.

A la date du 8 juin 1737 (*Obs.* ℭ, II, 9) Le Monnier indique un changement d'installation : « Dans mon nouveau logement, $2''\frac{1}{2}$ plus au nord

---

mesuré micrométriquement, paraît plus grand que le diamètre horizontal conclu des passages des deux bords. Il fit partie de la mission pour la mesure du degré de Laponie (1736 avril 20-1737 août 20).

(¹) D'après une tradition du XVIIIe siècle, c'est dans cette tour que Pascal aurait composé ses *Lettres provinciales*. Voir *A. Bonnardot*, DISSERTATIONS ARCHÉOLOGIQUES SUR LES ANCIENNES ENCEINTES DE PARIS. Paris, 1852, in-4°, p. 48.

(²) C'est Le Monnier fils qui parle, mais l'observation ne peut être de lui, car il était alors absent de Paris, n'y étant revenu du voyage de Laponie que le 20 août suivant. L'observation est sans doute de Le Monnier père.

que l'ancien ». Or après ce changement il se trouvait bien au nord du collége (*Obs.* ℭ, II, 25), car, dans les manuscrits de ses observations postérieures au retour de Laponie, il le répète cinq fois ([1]), ajoutant qu'il est installé dans un bâtiment situé entre la cour du collége et le marais des Cordeliers. Généralement il ajoute que là il est à 47″ ½ au nord de l'Observatoire royal ([2]). Une fois seulement (C.4, 4, p. 394) il ajoute « plus à l'orient de 16″ à 17″ de degré selon Delisle sur le plan de Paris 1716 ». Il dit aussi (*Obs.* ℭ, III, 33) que ce point est dans la rue de la Harpe, mais sans aucun doute cela doit s'entendre de l'entrée par où l'on y accède.

Ainsi il ne peut y avoir aucun doute : après son retour de Laponie, Le Monnier observait au *nord* du collége d'Harcourt.

Reste à bien préciser le point où il observait avant son départ. On vient de voir qu'il l'indique 2″ ½ plus au sud (*Obs.* ℭ, II, 9). La seule donnée complémentaire trouvée dans ses manuscrits est la suivante (C.4, 3, p. 6) :

> Le lieu de mes observations étoit au-dessus de la porte du Refectoire sur la basse cour et toises plus nord que la Sorbonne, à compter du centre de l'église.

Or, vers 1650, la cuisine et le réfectoire furent élevés sur l'emplacement de la maison qu'on appelait l'*Hôtel des évêques d'Auxerre* ([3]), précisément au voisinage de la tour de Pascal. Aussi, sans insister davantage et malgré l'indication de Lalande, nous conclurons que les observations de Le Monnier fils, et sans doute celles de son père, jusqu'en juin 1737, ont été faites près de la tour de Pascal. Nous distinguerons donc au collége d'Harcourt deux stations, deux observatoires : celui de la tour et celui du nord du collége.

Observatoire de la tour de Pascal (1731-1739).

Sur l'organisation et l'installation de cet observatoire nous ignorons tout, si ce n'est que selon l'expression de Le Monnier, reproduite plus haut, il était situé au-dessus de la porte du réfectoire.

([1]) *Voir* C.4, 3, p. 174, 268, 325, et C.4, 4, p. 316 et 394.

([2]) Nous retrouverons les éléments de ce résultat, qu'il donne aussi dans ses mémoires imprimés (*Mém. Acad.*, 1738, 303; — 1767, 419; — *H. C.*, XIV; — *Obs.* ℭ, I, 58; II, 9; III, 33). Dans *Mém. Acad.*, 1788, p. 7, il dit 48″ ½, mais c'est sans doute une erreur.

([3]) H.-L. Bouquet, *L'ancien collége d'Harcourt et le Lycée Saint-Louis*. Paris, in-8°, 1891, p. 281. Voir aussi, page 66, le plan de Berty.

On peut en faire remonter l'origine à 1731, car alors Le Monnier fils, âgé de 16 ans, déterminait les positions de Saturne par rapport aux étoiles, avec un simple réticule, fixé évidemment à quelque lunette murale (*Obs.* ☾, I, vij, note).

Instruments. — Ce sont une *méridienne* avec son gnomon, une *lunette murale*, une *pendule* et des *lunettes* de 6 et de 8 pieds, puis un *quart de cercle* de 30 pouces de rayon « construit de la même manière que celui de M. de Louville », appartenant personnellement à Le Monnier fils; il le mentionne ainsi pour la première fois le 15 janvier 1736 (C.4, 1, p. 156) :

Summà curà toto anno 1735 fabrefactam curavi eximium quadrantem astronomicum pinnulis thelescopiis instructam, nec non micrometro filari valde perfecto in dioptra thelescopica immobili ornato. Igitur hacce primà die quodam tentavi circa verificationem hujus instrumenti....

Observations. — Dans l'intervalle considéré (1731-1737), P.-Ch. Le Monnier observa surtout, nous l'avons vu, au mural de la rue des Postes (1732-1736), puis il prit part au voyage de Laponie. Comme d'ailleurs son père a très peu observé, les observations faites près de la tour de Pascal sont extrêmement clairsemées.

En dehors de quelques observations accidentelles ([1]), celles du père se réduisent à un petit nombre de comparaisons de la Lune à Sirius, prises à la lunette murale (Lem., *Obs.* ☾, I, 48; — II, 1-2 et 9); parfois aussi il assiste son fils.

Quant à celui-ci, occupé à la rue des Postes, il observe rarement au collége d'Harcourt, sauf dans la période qui précède le départ de Godin (mai 1735), avec lequel il avait eu quelque difficulté; ses observations y sont alors assez nombreuses à partir du 15 mars 1735 et se prolongent jusqu'au 9 octobre suivant.

Ses observations, mêlées avec d'autres, se trouvent dans les registres C.4, 1, 2, mais nous ne connaissons pas celles qui ont été faites antérieurement au 1er août 1734, parce que le prêmier registre de P.-Ch. Le Monnier est perdu, sans doute depuis longtemps. Les unes et les autres, peu nombreuses comme nous avons dit, sont à peu près inédites. Ce sont

---

([1]) Voici celles qui sont publiées dans *Mém. Acad. : Ecl.* ☾, 1735 oct. 2 (479) et 1736 mars 26 (261), en commun avec son fils; — *Ecl.* ☉, 1737 mars 1 (141); — *Occult.* d'Aldébaran, 1736 août 2 (Lem., obs. ☾, I, 48, et II, 1).

des hauteurs correspondantes, des comparaisons de la Lune aux étoiles avec la lunette murale, et des mesures de diamètres du Soleil et de la Lune. Pour ces dernières observations il déterminait la valeur angulaire du tour de vis en mesurant tantôt le diamètre d'un globe éloigné (Sorbonne), tantôt la distance de deux points sur le cadran solaire de l'église de Saint-Eustache ($VII^h \frac{1}{2}$ et $VI^h \frac{1}{2}$).

Pour cette mesure il employait aussi des bases dont l'une était sur le chemin de Vanves et l'autre dans le jardin des Chartreux. Mais ainsi il avait toujours l'inconvénient d'avoir à déplacer sa lunette : pour viser le cadran de Saint-Eustache il était obligé de s'installer dans un grenier du collége.

Observatoire du nord du Collége (1737-1742).

Observatoire. — Ici encore nous ignorons presque tout des dimensions et de l'organisation de cet Observatoire. Dès la première observation que porte son registre (C. 4, 3, p. 174) après le retour de Laponie (vérification du quart de cercle par retournement), Le Monnier ajoute : « Le quart de cercle a toujours été placé sur un balcon fort solide qui venoit d'être nouvellement construit ».

Cela ne suffirait point à prouver qu'il plaçait toujours ses instruments sur ce balcon; mais c'est confirmé par ce qu'il dit plus loin (p. 388), après la comparaison de quelques hauteurs de Sirius prises de 1734 à 1750 :

Il y a apparence que mon balcon du collége d'Harcourt n'étoit pas tellement solide, qu'on n'y puisse appercevoir quelques variations dans les hauteurs de *Sirius*, car à l'Observatoire en 1740 j'y trouve la déclin. *plus petite.*

Instruments. — A ceux que nous connaissons, comme employés près de la tour de Pascal, viennent s'ajouter une seconde *pendule* à partir du 8 novembre 1740, une *montre* ou chronomètre de Graham, un *quart de cercle* de 2 pieds de rayon, qu'il appelle le *petit* et qui avait servi en Laponie; enfin une *lunette méridienne*, la première qu'on ait employée à Paris. C'est aussi celle de Laponie, dont la lunette n'avait que 15 pouces de long et qu'il a décrite dans *H. C.*, p. lxxv..., mais elle lui servit peu de temps (*Obs.* ℭ, II, 10), l'ayant remplacée à partir de novembre 1738 par une autre dont la lunette avait 2 pieds. Celle-ci lui donna bien des tourments et ce n'est qu'au commencement de février 1739 qu'il put venir à bout de faire décrire un grand cercle à son axe optique. Par retournement il s'assu-

rait que la collimation était nulle, et il maintenait l'axe de rotation bien horizontal au moyen d'un niveau à bulle d'air. Quant à l'azimut, il cherchait également à le rendre nul et il le vérifiait par comparaison avec les passages méridiens, déduits des hauteurs correspondantes. Dans l'intervalle il s'assurait de la fixité de l'instrument au moyen de deux mires, sans doute placées à peu près à l'horizon, et dites l'une mire d'*hiver* et l'autre mire d'*été*.

Observations. — Elles se trouvent dans les manuscrits C.4, 3, 4 et vont de juin 1737 au 11 septembre 1741; celles de la Lune sont publiées dans *Obs.* ℭ, II, 25-48, et III, 1-19. Quelques-unes sont des hauteurs méridiennes du Soleil par Le Monnier père pour déterminer le solstice d'été de 1737, mais la plupart sont du fils, détourné encore par la détermination de l'amplitude de l'arc céleste de Picard (¹), par des observations pour l'aberration (²), puis par un commencement d'installation à l'Observatoire royal, sans compter ses recherches sur la réfraction et la publication de l'*Histoire céleste*, parue en 1741.

Ces observations de Le Monnier fils sont des passages méridiens du Soleil, de la Lune, des planètes et de quelques étoiles à la lunette des passages, les hauteurs méridiennes correspondantes, des mesures de diamètres et des hauteurs correspondantes d'étoiles, dont certaines prises en plein jour, ce qui n'avait pas encore été fait, dit-il (*Obs.* ℭ, I, p. vij), pour la détermination des ascensions droites stellaires.

PALÉONTOLOGIE. — *Les couches à Orbitoïdes de l'Amérique du Nord.* Note de M. **H. Douvillé.**

Les Orbitoïdes ont été signalées dans cette région dès 1833 par Morton, sous la dénomination de *Nummulites Mantelli*, rangé ensuite par d'Orbigny dans son genre *Orbitoïdes* et devenu en 1868 pour Gümbel le type du genre *Lepidocyclina*. Cette espèce a été souvent citée, mais elle n'a été étudiée

(¹) Degré du Méridien entre Paris et Amiens, déterminé par la mesure de M. *Picard*, et par les Observations de MM. de *Maupertuis*, *Clairaut*, *Camus*, *Le Monnier*.... Paris, 1740, in-12.

(²) Degré du Méridien, p. 107-116.

systématiquement que par Lemoine et R. Douvillé en 1904 (¹), qui ont eu à leur disposition des échantillons provenant de la localité type; mais par suite d'un lapsus, ils indiquent que les échantillons figurés proviennent de Vicksburg (Alabama), tandis que la localité réelle est Claiborne (Ala.); Vicksburg est en réalité dans le Mississipi et appartient à un niveau différent. Les caractères de l'espèce sont bien précisés, surface dépourvue de piliers et mégasphère (nucléoconque) formée de deux loges accolées subégales.

J'ai sous les yeux un assez grand nombre d'échantillons, mis obligeamment à ma disposition par le Dʳ Verbeek; ils proviennent de la localité type de Claiborne et du prolongement de ces couches dans le Mississipi. Ils sont conformes de tous points à la figure originale de Morton, très minces, légèrement mucronés au milieu; la gangue est un calcaire blanc, tendre, un peu crayeux, mais devenant assez dur par places. Ces couches surmontent immédiatement les sables fossilifères de Claiborne; elles sont remplacées plus à l'Ouest par des argiles lignitifères, des marnes grises et des sables sans fossiles, constituant le « Jackson group » ou Eocène supérieur de Conrad; la partie la plus élevée de ce groupe est indiquée par Cooke comme caractérisée par le *Zeuglodon*. Les géologues américains sont d'accord pour placer à ce même niveau, c'est-à-dire dans l'Eocène supérieur, les couches à *Lep. Mantelli* de l'Alabama, constituant la partie inférieure du Calcaire de Saint-Stéphen, dont la partie supérieure représente le « Vicksburg group », Oligocène de Conrad.

Les échantillons typiques de *Lep. Mantelli* sont tout à fait lisses quand ils sont parfaitement conservés; leur surface est très légèrement bosselée par le toit des logettes latérales qui sont faiblement convexes. Lemoine et R. Douvillé ont déjà signalé l'irrégularité des logettes latérales par suite de l'absence de piliers. En réalité il existe de très petits piliers dans le voisinage de la couche médiane (*fig.* 1, *b*, *e*; *fig.* 5, 2, 3), mais ils ne se développent pas et disparaissent avant d'atteindre la surface (*fig.* 1, *d*; *fig.* 4). Les grands échantillons microsphériques atteignent un diamètre de 32^{mm}.

Si nous revenons à l'Ouest sur les bords du Mississipi, nous trouverons, au-dessus du Jackson group, un nouveau niveau fossilifère, celui de Vicksburg. Le faciés est très différent : il est signalé comme se composant de lits

(¹) Sur le genre Lépidocycline (*Mém. Soc. géol. de France : Paléontologie*, t. 12, p. 10, fig. 1; Pl. I, fig. 4; Pl. II, fig. 18; Pl. III, fig. 7 et 12).

peu épais d'un calcaire semi-cristallin alternant avec des couches de marnes sableuses devenant jaunâtres par altération superficielle. Ces couches sont riches en Foraminifères et particulièrement en petites Nummulites et en Lépidocyclines. Ces dernières, comme l'avait très bien observé Conrad, sont différentes du *L. Mantelli;* il les cite sous le nom d'*Orbitolites* (*Orbitoides*)

Lepidocyclina (*Isolepidina*) *Mantelli*, Morton. — Coupes tangentielles (gr. 16 fois).

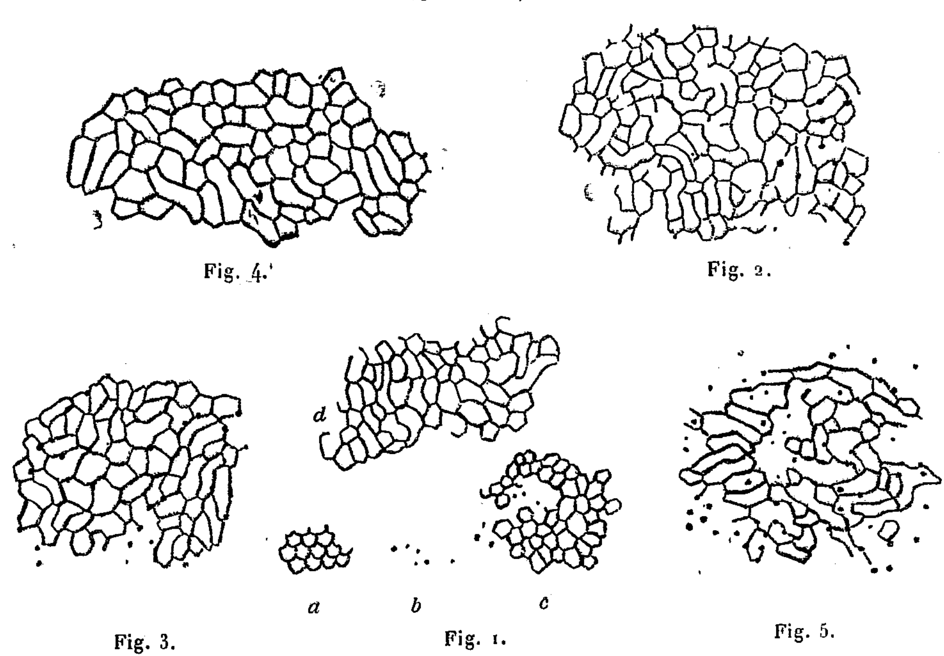


Fig. 1, 2, 3 : Claiborne (Chimney rock); la figure 1 montre plusieurs coupes d'un même échantillon montrant la couche médiane (*a*), puis l'apparition des piliers dans le voisinage (*b*, *c*) et leur disparition (*d*). — Fig. 4, 5 : Jasper Co. (Mississipi).

supera [1], mais sans les décrire ni les figurer. J'ai eu à ma disposition un certain nombre d'échantillons de Vicksburg, qui m'ont été communiqués, il y a longtemps déjà, par mon ami Cossmann [2]. Ces échantillons, comme

---

(1) *Check list of the invertebrate fossils of North America, Eocene and Oligocene* (*Smiths. miscell. collections*, 1866, p. 200).

(2) Ils étaient accompagnés d'une étiquette manuscrite d'apparence ancienne portant le nom de *Orbitolites crustulum* Conr. Ce nom ne semble pas avoir été publié et il aurait été remplacé par l'auteur par celui de *supera*.

ceux de la localité voisine de Byram, présentent tous les mêmes caractères : la forme générale est la même que celle de *L. Mantelli*, ils sont minces avec un léger mamelon médian, leur taille est plus petite au moins dans la localité type et ne paraît pas dépasser un diamètre de 16^{mm}. Mais ils se distinguent immédiatement par les granulations qui couvrent toute la surface et qui sont souvent assez bien conservées pour présenter encore un éclat vitreux bien caractérisé; leur dimension est assez variable, depuis 0^{mm},08 jusqu'à 0^{mm},2, l'intervalle qui les sépare étant un peu plus grand dans le premier cas et plus petit dans le second. Les cloisons qui séparent les logettes sont très minces, tandis qu'elles étaient relativement épaisses dans *L. Mantelli*. Ces deux espèces sont ainsi faciles à distinguer; comme nous venons de le voir elles appartiennent à deux niveaux différents.

Si nous suivons les couches vers l'Est, nous retrouverons *L. supera*, au sud-est de Claiborne, sur la rivière Conecuh, dans le Vicksburgien; elle atteint sur ce point une taille un peu plus grande qu'à Vicksburg.

Lepidocyclina (Isolepidina) supera Conrad. — Granulations de la surface (Gr. 16 fois).

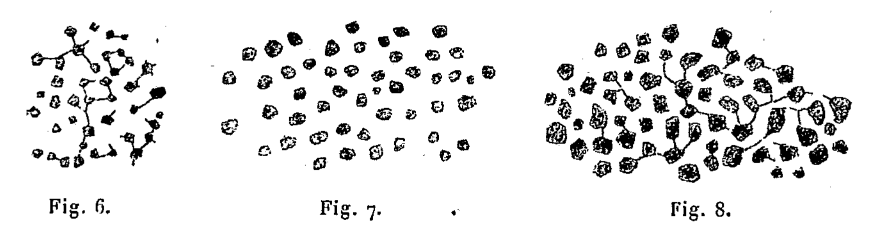


Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8.

Fig. 6 : Vicksburg (Miss.). — Fig. 7 et 8 : Byram (Miss.).

Plus à l'Ouest, Dall a signalé à 5 miles au sud de Jackson (Alabama) des calcaires renfermant les mêmes Nummulites qu'à Ocala (Floride) : c'est le gisement de Salt mountain, où avec ces Nummulites de l'Oligocène on recueille abondamment une Lépidocycline différente des espèces précédentes : elles présentent au milieu un large mamelon où les parois des logettes sont notablement épaissies, avec intercalations de piliers plus ou moins développés. La nucléoconque est constituée par deux cellules inégales, la plus petite arrondie étant partiellement enveloppée par la plus grande (*fig.* 12). Ce sont les formes de passage que j'ai signalées à Panama [1]

[1] *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 725, *fig.* 29 et 30.

comme *L. Chaperi* A.; elles sont plus évoluées que les précédentes et caractérisent le sommet du Stampien.

Nucléoconques des *Isolepidina* et des formes de passage à *Eulepidina* (Gr. 16 fois).

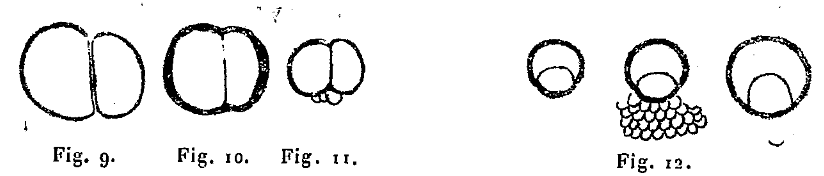


Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.

Fig. 9 : *Isol. Mantelli*, Jasper Co. (Miss.). — Fig. 10 : *Isol. supera*, Bainbridge.
Fig. 11 : *Isol. supera*, Vicksburg (Miss.). — Fig. 12 : *Lep. Chaperi* A., Salt Mount. (Ala.).

Plus loin, à la limite de l'Alabama, de la Géorgie et de la Floride, les travaux de Cooke (¹) nous donnent de nouveaux points de repère très intéressants.

La région particulièrement étudiée est le bassin de l'Apalachicola ou Chattahoochee River. Weatch avait montré que dans cette région le Jacksonien est peu développé et qu'il est représenté principalement par un calcaire massif blanc ou jaunâtre, recouvert par des argiles plus ou moins sableuses et des marnes glauconifères; ce calcaire est très fossilifère, par places il devient friable et est composé presque entièrement de Bryozoaires et de coquilles de Mollusques. En Géorgie ces couches reposent directement sur le Crétacé inférieur, plus au Sud la ligne de contact avec le Claibornien n'a pu être établie d'une manière précise. D'après Cooke ces couches à Bryozoaires renferment près de Bainbridge, sur la Flint River, des Nummulites associées à des Orbitoïdes discoïdes et à des Orbitoïdes étoilées; or j'ai pu m'assurer que les formes discoïdes sont les unes des *Orthophragmina* typiques (nov. sp.), les autres des *Lep. supera*, les formes étoilées étant presque certainement des *Asterodiscus*, analogues à celles que j'ai signalées dans l'île de la Trinité (²); j'ai attribué ce niveau au Ludien, c'est-à-dire au Jacksonien supérieur (couches à *Zeuglodon*).

Le même niveau, ou un niveau analogue, se retrouve dans une localité voisine, sur la Chipola River, dont la coupe a été donnée par Cooke : il signale une couche dure saillante formant la base du calcaire de Marianna (Vicks-

(¹) *The age of the Ocala limestone* (*Prof. Paper*, 95-I).
(²) *Les Orbitoïdes de l'île de la Trinité* (*Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 843).

burgien) et au-dessous des couches plus tendres avec *Nummulites* et *Orbitoïdes* étoilées. J'ai pu m'assurer ici que ces formes doivent être rapportées à *Asterodiscus stellatus;* elles sont associées aux mêmes *Orthophragmina* que sur la Flint River. *L. supera* paraît manquer sur ce point et l'on pourrait en conclure que ce niveau est un peu plus ancien que le précédent; il serait alors synchronique des couches à *L. Mantelli* de l'Alabama, et dans ces conditions nous pourrions distinguer les niveaux suivants :

I. Jacksonien inférieur, représenté dans l'Alabama et le Missouri oriental par les couches à *Lep.* (*Isolepidina*) *Mantelli* et plus à l'Est par les couches de la Chipola à *Orthophragmina* et *Asterodiscus stellatus.*

II. Jacksonien supérieur (= couches à *Zeuglodon*), caractérisé par l'apparition de *L.* (*Isolepidina*) *supera*, associé aux mêmes *Orthophragmina* et *Asterodiscus* que dans le niveau précédent.

III. Vicksburgien inférieur : disparition des *Orthophragmina* et développement de *L. supera.*

IV. Vicksburgien supérieur : apparition des formes de passage aux *Eulepidina*, associées aux dernières Nummulites. C'est à la fin de cette époque que les *Lepidocyclina* auraient essaimé au delà de l'Atlantique et au delà du Pacifique.

Où vient se placer dans cette série le calcaire d'Ocala, souvent cité par les géologues américains? Il est caractérisé par l'association des Nummulites et des Lépidocyclines et avait été rapproché par Dall des couches de Vicksburg; j'avais pu m'assurer que ce niveau était caractérisé par *L. supera*, ce qui m'avait paru confirmer la manière de voir de Dall. Mais, d'un autre côté, *L. supera* apparaît dès le Jacksonien supérieur et, en outre, le *Zeuglodon* a été signalé à Ocala; il faut donc faire redescendre ces couches dans l'Eocène supérieur. C'est précisément la conclusion à laquelle notre confrère Canu avait été conduit par l'étude des Bryozoaires.

J'avais déjà examiné précédemment la composition de l'Éogène dans l'île de la Trinité (¹) et dans l'isthme de Panama (²); dans ces différentes régions, les Foraminifères évoluent de la même manière, et il devient ainsi possible de distinguer la succession des différents niveaux depuis le Lutétien de Claiborne à *Cardita densata* (*planicosta* auct.) jusqu'au Burdigalien à *Tur. tornata.*

(¹) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 841.
(²) *C. R. Soc. géol.*, 20 décembre 1915.

I. Une première phase à l'époque de l'Anversien (Jacksonien inf.) est caractérisée par l'arrivée de colonies de *Nummulites* (*N.* cf. *striatus*, Trinité) et d'*Orthophragmina* (*O.* cf. *varians*, *O.* cf. *Archiaci*, Trinité, *O.* sp. Géorgie, — *Asterodiscus stellatus*, Géo.). C'est à ce moment que les *Lépidocyclines* (*Isol. Mantelli*) apparaissent dans l'Alabama.

II. Dans une deuxième période correspondant au Priabonien (Jacksonien sup.) les *Orthophragmina* persistent, mais les *Lépidocyclines* sont représentées par *Isol. supera* et ces formes sont associées à de petites Nummulites analogues aux formes oligocéniques d'Europe.

III. Je réunis provisoirement dans un troisième groupe correspondant au Stampien inférieur (Vicksburgien inf.) des couches qui ne sont peut-être pas tout à fait synchroniques : tandis qu'aux États-Unis leur faune ne diffère guère du groupe précédent que par la disparition des *Orthophragmina*, à Panama au contraire, comme à l'île de la Trinité, les *Asterodiscus* persistent associés à des formes nouvelles de Lépidocyclines (*Isol. pustulosa*, *Pliolep. Tobleri*).

IV. L'Oligocène supérieur (Vicksburgien sup.) est particulièrement intéressant par l'apparition, aux États-Unis comme à Panama, des formes de passage des *Isolepidina* aux *Eulepidina* (*L. Chaperi*). L'évolution s'achève à la Trinité, où les vrais *Eulepidina* (*E. formosa*, *E.* cf. *dilatata*) sont associés comme en Europe, en Algérie et dans les îles en bordure de l'Asie, avec les dernières Nummulites.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les tensions de la vapeur saturée des corps d'une atomicité élevée.* Note (¹) de M. E. **Ariès**.

L'étude que nous avons faite de la tension de vaporisation d'un assez grand nombre de liquides, dont la composition varait de 1 à 8 atomes, nous a montré que l'exposant n de la température T, au second terme de l'équation d'état, partait de la valeur $\frac{1}{2}$ pour les corps monoatomiques, allait en grandissant lentement avec le nombre des atomes, et atteignait la valeur $\frac{9}{10}$ pour les corps composés de 8 atomes. Sauf pour les corps monoatomiques, les exposants que nous avons dû adopter sont représentés par la formule

$$n = \frac{\mu + 1}{\mu + 2}, \tag{1}$$

dans laquelle μ désigne le degré d'atomicité du corps.

(¹) Séance du 29 juillet 1918.

Nous n'attachons aucune importance à cette formule empirique, l'avenir pouvant conduire à modifier légèrement les valeurs de première approximation que nous avons données pour n. Mais, quelle que soit la loi de variation de cet exposant, il paraît vraisemblable que n grandit de plus en plus lentement avec le nombre des atomes, en restant inférieur à l'unité qui serait sa valeur limite pour un nombre infini d'atomes. Dans cette hypothèse, quand le nombre des atomes composants est suffisamment élevé, n doit être si voisin de l'unité que l'on pourra, en pratique, le remplacer par l'unité dans notre formule. Celle-ci devient alors

$$\Pi = \tau^3 \frac{Z}{x}, \qquad x = \tau^2 \Gamma. \tag{2}$$

Il ne reste plus que la fonction Γ pour caractériser, d'après la loi sur les états correspondants, le degré d'atomicité du corps.

Nous avons fait l'essai de la formule (2) à quatre carbures saturés de la série grasse, le pentane, l'hexane, l'heptane et l'octane, dont les tensions de vaporisation ont été relevées sur une grande étendue de l'échelle thermométrique, et jusqu'à la température critique, par M. S. Young (en collaboration avec M. Thomas pour l'hexane). La composition de ces carbures varie de 17 à 26 atomes, ce qui donnerait pour n, calculé par la formule (1), des valeurs variant de $\frac{18}{19}$ à $\frac{27}{28}$.

Nous avons dû adopter, comme expressions de la fonction Γ,

$$\Gamma = 1 + \frac{1-\tau}{4,6\tau^2 + 0,4} \quad \text{pour le pentane,} \tag{3}$$

$$\Gamma = 1 + \frac{(1-\tau)(0,90-\tau)}{1,5(1-\tau)^2 + 0,525} \quad \text{pour l'hexane,} \tag{4}$$

$$\Gamma = 1 + \frac{(1-\tau)(0,84-\tau)}{1,17(1-\tau)^2 + 0,63} \quad \text{pour l'heptane,} \tag{5}$$

$$\Gamma = 1 + \frac{(1-\tau)(0,80-\tau)}{2,25(1-\tau)^2 + 0,65} \quad \text{pour l'octane.} \tag{6}$$

On remarquera que, pour le pentane, la forme de la fonction Γ, par le numérateur du second terme, s'écarte de celle que nous avons constamment employée jusqu'ici. Le pentane est le premier corps que nous avons rencontré, et pour lequel la valeur de la fonction Γ ne passerait pas par l'unité à une température réduite comprise entre 0,80 et 1. Cette particularité, digne d'attention, paraît provenir de ce que l'atomicité du pentane n'est pas encore assez élevée pour rester sans influence sur la forme même de la

fonction Γ, quand on remplace n par l'unité. En effet, toute altération de cet exposant entraîne une altération corrélative à imposer à la fonction Γ, et qui peut aller jusqu'à en changer la forme théorique. Les formules (3) à (6) montrent que la valeur de la fonction Γ passe par l'unité à une température réduite de 0,80 pour l'octane, de 0,84 pour l'heptane et de 0,90 pour l'hexane avant de disparaître pour le pentane; cette température s'approche de plus en plus de l'unité, à mesure que le degré d'atomicité du corps diminue. Il est plausible de supposer que ce fait est une conséquence de l'incorrection commise en faisant $n = 1$, conséquence qui commencerait à être sensible pour les corps comprenant, comme l'hexane et le pentane, moins de 22 à 23 atomes. Car, pour l'heptane qui comprend 23 atomes, on retombe sur cette température réduite de 0,84, que nous avons constamment rencontrée et qui semble normale. La conclusion à tirer de ces considérations est que la substitution de l'unité à la véritable valeur de n est sans influence sensible pour les corps composés de 23 atomes au moins.

Quoi qu'il en soit, l'application de la formule (2) aux quatre carbures dont il s'agit donne les résultats assez satisfaisants consignés au Tableau ci-après.

Les tensions calculées s'approchent autant qu'on pouvait l'espérer des tensions observées. L'écart entre les valeurs à comparer aurait certainement diminué d'une façon notable, si nous avions cherché à déterminer les fonctions Γ avec toute la précision possible. Nous ne l'avons pas fait jusqu'ici, et dès le début de notre étude, pour deux raisons. Nous avons pensé que les données expérimentales dont nous disposions pour les corps monoatomiques, diatomiques et triatomiques principalement, n'étaient pas suffisamment sûres pour nous engager à entreprendre des calculs très minutieux, et l'on a pu remarquer avec quelle facilité nous arrondissions les coefficients numériques de la fonction Γ; mais aussi, et surtout, nous avons la conviction qu'en progressant dans cette étude de l'équation d'état, certaines considérations, plutôt d'ordre théorique, nous amèneront fatalement à reviser la forme quelque peu empirique que nous avons donnée à la fonction Γ. Nous espérons pouvoir montrer, dans un avenir prochain, le bien-fondé de ces prévisions et de la réserve qu'elles nous ont imposée.

Pentane, Young (1897).

$T_c = 470^\circ,2$; $P_c = 2511^{cm}$.

Température centigrade.	Tension de la vapeur saturée observée.	calculée.
°	cm	cm
0.......	18,3	18,33
20.......	42,0	41,94
40.......	87,3	85,38
60.......	160,5	158,70
80.......	273,5	273,71
100.......	441	443,21
120.......	674	681,76
140.......	989	1003,44
160.......	1406	1423,04
180.......	1934	1954,30
190.......	2250	2266,02

Hexane, Thomas et Young (1895).

$T_c = 507^\circ,8$; $P_c = 2261^{cm},76$.

Température centigrade.	Tension de la vapeur saturée observée.	calculée.
°	cm	cm
0.......	4,55	4,16
20.......	12,0	11,99
40.......	27,7	28,59
60.......	56,6	58,97
80.......	106,2	109,20
100.......	183,6	186,20
120.......	298	295,92
140.......	461	454,36
160.......	679	667,59
180.......	965	952,65
200.......	1335	1328,08
220.......	1810	1815,61
230.......	2095	2108,65

Heptane, Young (1898).

$T_c = 539^\circ,9$; $P_c = 2041^{cm},36$.

Température centigrade.	Tension de la vapeur saturée observée.	calculée.
°	cm	cm
0.......	1,14	1,17
20.......	3,55	3,37
40.......	9,20	9,09
60.......	20,90	21,25
80.......	42,70	43,28
100.......	79,50	79,92
120.......	137	136,79
140.......	223	220,51
160.......	345	339,30
180.......	509	502,51
200.......	726	721,45
220.......	1010	1009,64
240.......	1379	1381,21
250.......	1598	1603,50
260.......	1847	1852,84

Octane, Young (1900).

$T_c = 569^\circ,2$; $P_c = 1872^{cm},64$.

Température centigrade.	Tension de la vapeur saturée observée.	calculée.
°	cm	cm
20.......	1,04	0,80
40.......	3,08	2,73
60.......	7,75	7,32
80.......	17,50	17,28
100.......	35,40	35,37
120.......	64,60	65,54
140.......	111	112,43
160.......	181	181,27
180.......	278	278,56
200.......	410	411,66
220.......	587	589,32
240.......	822	821,79
260.......	1118	1120,94
270.......	1298	1299,46

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la chaire de *Chimie appliquée aux industries des matières colorantes*, *blanchiment*, *teinture*, *impression et apprêts*, vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers par le décès de M. *Rosenstiehl*.

(Renvoi à la Section de Chimie.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Sur un régulateur de Léon Foucault, parfaitement isochrone et de construction simple, par M. J.-H. Wilterdink.

Sir **Joseph Larmor**, MM. **E. Berger**, **Boismenu**, **P. Boucherot**, **M. Delacre**, **Filippo de Filippi**, **R. Kœhler**, **P. Lebeau**, **A. Leduc**, **L. Nomblot** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **A. Leduc** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Physique, par le décès de M. *E.-H. Amagat*.

ASTRONOMIE. — *Études stéréoscopiques des courants stellaires*. Note de M. **J. Comas Solà**, présentée par M. Bigourdan.

Deux couples de clichés de la constellation de la Vierge m'ont permis de continuer mes observations stéréoscopiques sur les courants stellaires. Cette région avait beaucoup d'intérêt sous ce rapport, parce qu'elle est opposée au centre de la région que, jusqu'à présent, j'avais pu étudier au

stéréogoniomètre (¹). Les instruments et le procédé opératoire sont les mêmes. Le résultat des observations est présenté, ici, sous la même forme qu'alors :

Coordonnées des centres des parcelles (1900,0). α.	δ.	Direction moyenne des courants.	Degré d'évidence du courant.	Remarques.
			Vierge (1912-1918).	
12h35m	+6°42′	310°	peu évident	Les reliefs sont, en général, faibles,
12.47	+7.54	288	assez évident	malgré le long intervalle du
12.23	+9.34	55	assez évident	couple de clichés. Pour ce motif,
12.37	+10.22	240	peu évident	les courants sont peu marqués;
12.27	+12.42	250	peu évident	mais l'existence d'un courant
12.40	+13.58	299	assez évident	général est sûre. Moyenne des
12.50	+11.50	239	évident	directions de ces parcelles : 291°.
			Vierge (1916-1918).	
12.50	−4.6	220	assez évident	Dans cette région, le courant est
12.37	−4.42	40°-310°	Il y a deux courants; les deux sont assez évidents	tout à fait évident, malgré la perturbation locale de la seconde parcelle. Les reliefs sont assez considérables, et, dans la der-
12.25	−3.6	300	assez évident	nière parcelle surtout, on voit
12.37	−0.54	307	assez évident	de forts mouvements propres.
12.23	+0.14	265	évident	Moyenne des directions de ces
12.47	+0.38	288	évident	parcelles : 286°.
12.35	+2.26	266	évident	Dans ces deux régions de la Vierge, les nébuleuses spirales ont apparu toujours au fond du tableau.

Les conséquences principales qui découlent de ces observations sont les suivantes : 1° confirmation de la supposition émise lors de mon premier ensemble d'observations stéréoscopiques, c'est-à-dire de l'existence d'un courant général d'étoiles qui tourne, en moyenne et sensiblement, d'Est à Ouest; 2° les circonstances dans lesquelles apparaissent les nébu-

(¹) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 106.

leuses spirales dans le plan du fond stéréoscopique appuient l'hypothèse que celles-ci sont des univers extérieurs à la Voie lactée.

Au total, j'ai obtenu, jusqu'à présent, un ensemble de 76 parcelles, de 3° 32′ de diamètre, dont 3 seulement offrent des courants *douteux*; des 73 parcelles qui restent, 61 ont les directions de leurs courants comprises dans un secteur de 162°.

Par conséquent, le mouvement propre en forme de courant est général, au moins parmi la plupart des étoiles des dix premières grandeurs. D'autre part, il existe presque sûrement un grand courant d'étoiles qui nous fait l'effet de tourner d'ensemble autour de notre système. Ce courant constituerait une sorte d'immense amas stellaire, formé, principalement par des étoiles brillantes, jusqu'à la 10e grandeur. La Voie lactée serait extérieure à cet amas, qu'on pourrait appeler *amas central*.

De nouvelles observations de ce genre que j'ai en préparation, et qui se rapportent à d'autres régions du ciel, pourront ajouter, sans doute, de nouvelles connaissances sur ces intéressantes questions.

ASTRONOMIE. — *Sur la troisième apparition de la comète périodique Borrelly*. Note de M. G. **Fayet**, présentée par M. B. Baillaud.

L'orbite la plus probable basée sur l'ensemble des observations de cet astre effectuées pendant la première apparition a fait l'objet d'un travail que j'ai publié autrefois dans les *Annales de l'Observatoire de Paris*: Mémoires, t. 30.

J'ai calculé ensuite les perturbations approchées produites par Jupiter et Saturne, de 1905 à 1911, et, le 19 septembre 1911, la comète a été aisément retrouvée par M. K. Schaw, à Helwan (Egypte) et, le même jour, par M. Schaumasse, à Nice: la date prévue pour le passage au périhélie exigeait une correction inférieure à $0^{jour},60$.

Durant la seconde apparition, l'astre a pu être suivi pendant plus de 8 mois: les dernières mesures, faites avec le grand équatorial de l'Observatoire de Nice, par le regretté Javelle, datent du 8 juin 1912. J'ai groupé les quelque 400 observations, obtenues pendant ces 8 mois, en 10 lieux normaux qui ont été rapprochés des 8 lieux normaux fournis par les observations de 1904-1905.

J'aurais désiré relier les deux premières apparitions en reprenant le calcul rigoureux de toutes les perturbations, depuis 1904 jusqu'à l'époque

actuelle; mais n'ayant eu la possibilité de me préoccuper de ce travail que vers la fin de 1917, j'ai dû me contenter d'une moindre approximation et, en particulier, me borner à évaluer les perturbations du premier ordre dues à l'action de Jupiter et Saturne.

Les éléments conclus pour le retour de 1918 sont les suivants :

Date d'osculation : 1918 *août* 14, 0; *temps moyen de Greenwich.*

$M = 346°31'41'',97$
$\Pi = 69.19.22,30$
$\Omega = 76.55.52,86$
$\omega = 352.23.29,44$
$i = 30.29.27,28$
(Π, Ω, ω, i : Équinoxe et écliptique 1918,0;)
$T =$ 1918 novembre 16,3485; temps moyen de Greenwich;
$\varphi = 37°57'5'',78$;
$\mu = 514'',03134$.

Dans la nuit du 6 août, vers 15^h, T. M. Gr., par un ciel remarquablement pur, j'ai cru apercevoir, avec l'équatorial de $0^m,38$ d'ouverture de l'Observatoire de Nice, un objet nébuleux excessivement faible, situé à environ 10′ de la position assignée pour la comète par l'éphéméride déduite des éléments qui précèdent; l'arrivée de l'aube ne permit pas de vérifier un mouvement.

La nuit suivante, par un ciel également très beau, j'ai pu constater que l'objet en question (qui, à cette faible hauteur, apparaissait de grandeur 13 ou plus faible) s'était bien déplacé conformément à l'éphéméride. Voici quelle était sa nouvelle position :

1918 août 7, à 14^h54^m, T. M. Gr... Æ $= 3^h39^m52^s$ décl. $= -16°14'$

Le ciel étant devenu très médiocre, j'ai cherché vainement à revoir l'astre dans les nuits du 8 et du 9 août, mais il me paraît certain que l'objet aperçu les 6 et 7 août est bien la comète Borrelly.

L'éphéméride exigerait les corrections suivantes :

-0^m28^s en Æ et $-7',5$ en déclinaison.

Il en résulterait que la date indiquée par le calcul pour le passage T au périhélie devrait être reculée de $0^{jour},28$ environ. L'incertitude du moyen mouvement serait donc inférieure à $0'',06$, soit à peu près le $\frac{1}{10000}$ de cet élément.

Note additionnelle de M. **Baillaud.**

La Note ci-dessus m'est parvenue 1 heure avant la séance de l'Académie. Elle avait été expédiée de Nice le 9 août. J'avais reçu de M. Fayet le 8 et le 11, par des télégrammes que j'ai transmis aux observatoires français et, le premier, à divers observatoires étrangers, les deux positions suivantes :

Date.		T. M. Nice.	Ascension droite.	Déclinaison.	Grandeur.
1918 août	7....	15.23,0	$3^h 39^m 52^s$	$-16^\circ 14'$	13,0
»	10....	15.25,0	$3^h 46^m 40^s$	$-15^\circ 57' 47''$	13,0

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Immunité des végétaux vis-à-vis des principes immédiats qu'ils élaborent.* Note [1] de M. **Raoul Combes**, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'étude de l'immunité des végétaux vis-à-vis des substances qu'ils élaborent dans leurs tissus a été abordée déjà par plusieurs physiologistes. Pfeffer, dans son Traité de Physiologie végétale, émet l'opinion de l'existence d'une immunité de l'organisme végétal vis-à-vis de ses propres produits, mais constate que cette immunité est insuffisamment démontrée pour les végétaux supérieurs.

Au cours de recherches relatives à l'étude du rôle que jouent les glucosides chez les végétaux [2], j'ai été amené à constater les faits suivants qui ont trait à cette question de l'immunité des espèces végétales pour les substances qu'elles élaborent.

J'ai cultivé plusieurs espèces végétales, dans des conditions aseptiques, d'une part dans le liquide de Knop, d'autre part dans ce même liquide additionné de 0,10; 0,25; 0,50; 1, 2 ou 10 pour 1000 d'un glucoside, l'agrostemmasaponine. Les espèces sur lesquelles portèrent les expériences sont : la Nielle (*Agrostemma Githago*), qui produit cette saponine, le

---

(1) Séance du 29 juillet 1918.

(2) Raoul Combes, *Recherches biochimiques expérimentales sur le rôle physiologique des glucosides chez les végétaux* (*Revue générale de Botanique*, t. 29 et 30, 1917 et 1918).

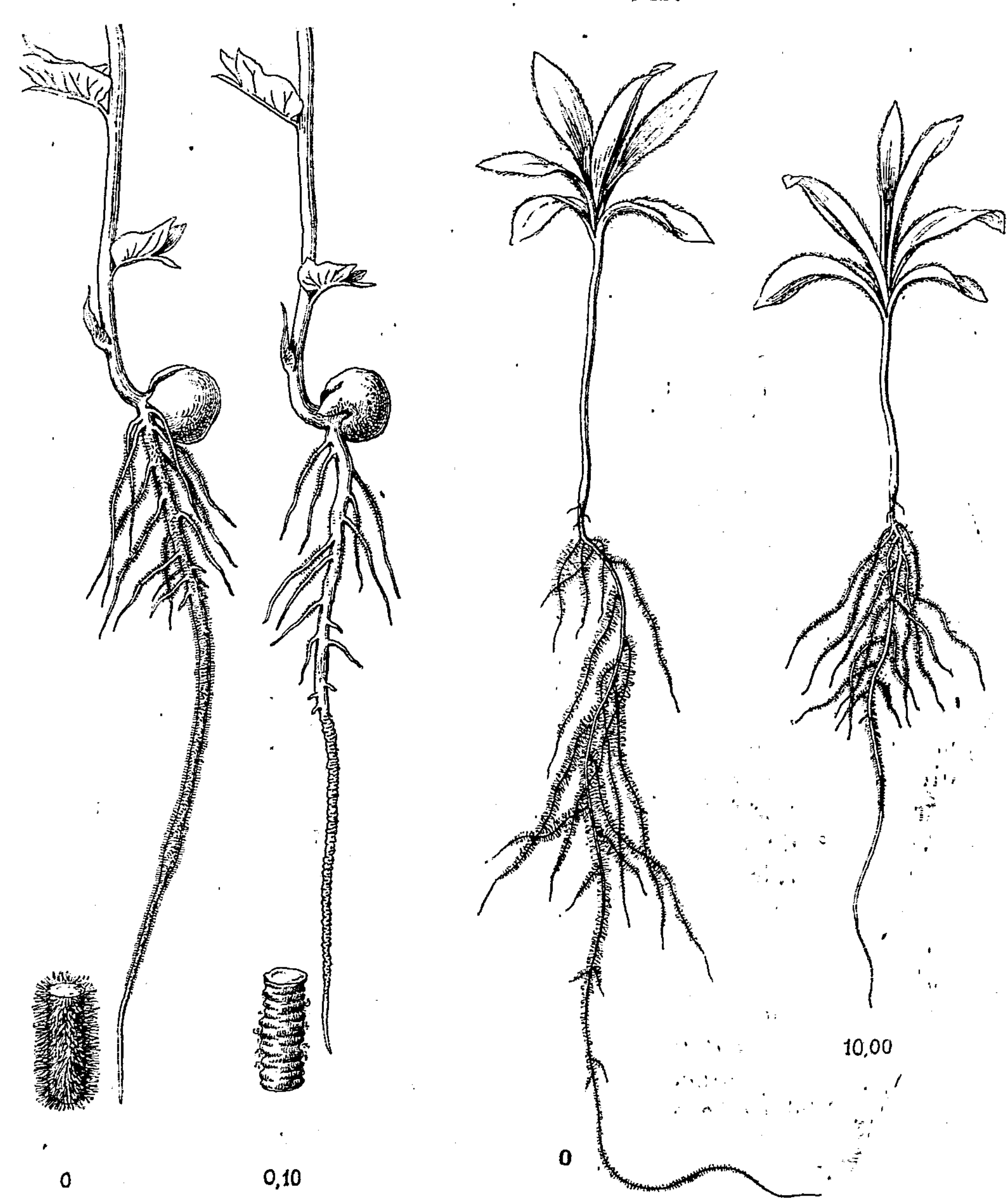


Fig. 1. — A gauche, *Pisum* cultivé en l'absence d'agrostemmasaponine. A droite, *Pisum* cultivé en présence d'un dix-millième de cette saponine.

Fig. 2. — A gauche, *Agrostemma* cultivé en l'absence d'agrostemmasaponine. A droite, *Agrostemma* cultivé en présence d'un centième de cette saponine.

Pois (*Pisum sativum*), le Sarrasin (*Polygonum Fagopyrum*) et le Radis (*Raphanus sativus*), qui n'en renferment pas.

Dès les premiers jours de l'expérience, il fut nettement constaté que *la saponine d'*Agrostemma Githago *se comporte, même à une faible concentration* (0,10 *pour* 1000), *comme une substance nocive pour les racines des plantes qui ne produisent pas ce glucoside :* Pisum, Polygonum, Raphanus, *tandis qu'elle n'exerce aucune action toxique, même à une concentration* 100 *fois plus forte* (10 *pour* 1000), *sur les racines de l'espèce qui élabore cette saponine, l'*Agrostemma Githago.

L'action nocive se traduit, sur les racines des trois premières espèces, par la disparition des poils absorbants, l'arrêt du développement, un poids de la substance sèche de la racine d'autant plus faible que la concentration en saponine des liquides de culture est plus grande et, de plus, chez le *Pisum*, par l'apparition sur la surface de la racine de plissements d'autant plus accusés que le milieu est plus riche en glucoside. Les figures 1 et 2 représentent, mieux que toute description, cette différence d'action de l'agrostemmasaponine d'une part sur le *Pisum*, d'autre part sur l'*Agrostemma*. Dans la figure 1, un fragment de racine grossi, au-dessous de chaque plante, montre les différences avec détails. Chez l'*Agrostemma Githago*, les racines des individus cultivés en présence de saponine sont plus courtes, mais plus épaisses; les poils absorbants sont aussi plus courts, mais en bon état. D'une manière générale, les racines d'*Agrostemma* développées au contact des solutions d'agrostemmasaponine ne présentent aucun caractère de souffrance.

Les poids de la substance sèche des racines des diverses espèces cultivées dans les différents milieux, calculés pour chaque espèce et pour chaque milieu d'après ceux de cinq individus récoltés après deux mois de culture, sont les suivants :

	Concentration (pour 1000) en agrostemmasaponine.						
	0.	0,10.	0,25.	0,50.	1.	2.	10.
Pisum sativum...........	0,022	0,015	0,013	0,012	0,011	»	»
Raphanus sativus.........	0,0028	0,0026	»	0,0016	»	»	»
Polygonum Fagopyrum..	0,0032	0,0039	»	0,0012	»	»	»
Agrostemma Githago....	0,0025	0,0030	0,0025	0,0026	0,0030	0,0038	0,0047

Les cellules superficielles de la racine de l'Agrostemma Githago *jouissent donc d'une immunité très nette vis-à-vis de la saponine que cette plante élabore et accumule dans ses graines.*

En dehors de l'intérêt que ces faits peuvent présenter au point de vue de la question de l'immunité de l'organisme végétal vis-à-vis des produits qu'il élabore, ils soulèvent une question de technique physiologique : Le fait qu'un principe immédiat déterminé est facilement supporté à hautes doses par l'espèce végétale qui le produit, tandis qu'il est toxique même à petites doses pour les autres plantes, rend indispensable, dans les recherches relatives à l'étude du rôle que jouent les divers principes immédiats végétaux dans l'organisme végétal et comportant la culture de plantes en présence de ces principes, d'opérer non pas avec n'importe quelles espèces végétales, mais seulement avec celles qui produisent ces composés. En d'autres termes, de l'action exercée par une substance déterminée sur une espèce quelconque prise au hasard, on ne peut conclure que l'action constatée serait la même sur l'espèce végétale qui dans la nature produit cette substance, ni par conséquent en tirer une déduction quelconque relative au rôle que joue, dans les conditions naturelles, le composé étudié au sein de l'organisme végétal qui l'élabore.

CHIMIE AGRICOLE. — *Les réserves aqueuses du sol en période de sécheresse.* Note de M. J. **Dumont**, présentée par M. L. Maquenne.

La sécheresse persistante qui sévit depuis le mois de mai menace de compromettre irrémédiablement nos cultures de printemps; les céréales de mars, les betteraves et les pommes de terre tardives souffrent beaucoup du manque d'eau. Par contre, les rendements des blés d'hiver, surtout dans les terres profondes, seront en général supérieurs à la moyenne parce que le développement du système radiculaire des céréales semées en automne leur a permis l'utilisation des réserves aqueuses emmagasinées dans les couches inférieures du sol. Il nous a paru intéressant de déterminer l'importance de ces réserves dans des parcelles du champ d'expériences de la Station agronomique de Grignon cultivées, soit en céréales, soit en betteraves. Voici les résultats obtenus pour 100^g de terre prise à diverses profondeurs le 10 juillet dernier.

	Blé fumé.	Avoine fumée.	Betteraves fumées.	Betteraves sans engrais.
Surface	3,80	4,20	4,80	3,60
A 0m,10	7,34	9,14	17,80	13,56
A 0m,20	7,60	9,46	14,80	14,06
A 0m,30	8,30	8,60	13,16	14,83
A 0m,40	8,20	8,74	13,30	14,78
A 0m,50	8,36	8,56	13,38	14,24
A 0m,60	8,54	8,36	12,86	14,70
A 0m,80	7,30	10,10	12,40	14,20
Moyennes	7,43	8,42	12,80	13,01

En prenant pour bases du calcul l'humidité centésimale moyenne et le poids de la couche de terre d'un hectare (que nous évaluons à 12000 tonnes sous la profondeur considérée), l'importance des réserves aqueuses s'élèverait respectivement à 1560 tonnes dans la parcelle sans engrais portant des betteraves et, dans les parcelles copieusement fumées (80000kg de fumier par hectare), à 1536 tonnes pour celle cultivée en betteraves, à 1016 tonnes pour celle cultivée en avoine et à 911 tonnes pour celle cultivée en blé.

La comparaison des dosages d'humidité fait manifestement ressortir l'influence de la fumure. Appliqué à fortes doses, le fumier maintient, dans la couche de terre où il a été enfoui par le labour, une proportion très sensible d'humidité (17,8 pour 100). Tandis que la moyenne des trois premiers dosages ressort à 15,8 pour la parcelle fumée et cultivée en betteraves, elle s'élève seulement à 10,4 pour la parcelle restée sans engrais depuis 1875; il en résulte une différence de 5,4 pour 100 qui, rapportée au poids de la couche de terre d'un hectare sous la profondeur de 0m,20, ne représente pas moins de 162 tonnes d'eau en excès dans la région superficielle du sol. Dans toutes les parcelles fortement fumées, les récoltes sont de belle venue; elles n'ont pas souffert de façon apparente. Toutefois la végétation des betteraves offre un contraste frappant; celles de la parcelle sans engrais ont mal levé et les jeunes plantes, encore très chétives, souffrent considérablement de l'insuffisance des réserves aqueuses superficielles; leur système radiculaire, à peine développé vers la mi-juillet, ne peut mettre à profit l'eau contenue dans les couches sous-jacentes; elles végètent encore misérablement. Les autres, au contraire, ont une apparence superbe.

Il n'en est pas moins curieux de constater, d'autre part, l'épuisement progressif des réserves aqueuses contenues dans les parcelles cultivées en blé et en avoine de printemps. Grâce au fumier, qui a maintenu l'humidité superficielle du sol, la germination s'est effectuée régulièrement et les plantes ont utilisé progressivement, en cours de végétation, l'eau renfermée dans toute l'épaisseur de la couche de terre explorée par les radicelles. Du 10 mai au 10 juillet, tandis que la quantité d'eau abandonnée par le sol a dépassé 625 et 520 tonnes par hectare, le poids de la matière végétale élaborée atteignait 3250^{kg} pour le blé et 2520^{kg} pour l'avoine. En admettant une consommation minima de 250 tonnes d'eau par tonne de matière végétale sèche, l'élaboration eût été respectivement de 2500^{kg} et 2080^{kg}; ces nombres étant dépassés, une quantité complémentaire d'eau (187 et 110 tonnes) a dû être fournie encore par le sol qui, se trouvant couvert et soustrait à l'évaporation directe, a subi de moindres pertes que la parcelle ultérieurement cultivée en betteraves.

Quoi qu'il en soit, malgré l'importance des réserves aqueuses contenues dans les couches inférieures du sol, c'est la distribution superficielle de ces réserves qui semble commander au début la marche de la végétation et, partant, le sort de la culture. Quand le système radiculaire des plantes est suffisamment développé, l'approvisionnement en eau se trouve mieux assuré, le végétal se défend plus facilement et les sécheresses printanières ou estivales n'ont plus les mêmes conséquences fâcheuses.

Ce qui frappe surtout, dans les déterminations d'humidité faites après de longues périodes de sécheresse, c'est encore l'abondance relative de l'eau dans le sol. Les observations sont toujours du même ordre, comme cela ressort manifestement des expériences que nous fîmes en 1893, M. Demoussy et moi (¹), et de celles que j'ai effectuées en 1913, à la suite d'une sécheresse prolongée (du 10 mai au 19 août) sur les terres fortes de mon domaine de Castillon-Saint-Martory (Haute-Garonne). Les résultats valent d'être rappelés, à titre documentaire et comparatif; les nombres du Tableau ci-contre se rapportent à 100^{g} de terre.

(¹) *Comptes rendus*, t. 116, 1893, p. 878.

	Terres de Grignon (1893).		Terres de Castillon (1913).	
	Station.	Défonce.	Chaume.	Maïs butté.
Surface...........	6,6	5,0	6,9	7,95
De $0^m,10$ à $0^m,15$...	»	»	10,5	17,25
De $0^m,20$ à $0^m,25$...	16,1	16,3	13,8	17,85
De $0^m,30$ à $0^m,40$...	»	»	14,2	18,30
De $0^m,45$ à $0^m,50$...	15,7	16,4	14,3	19,00
Moyennes.....	12,8	12,6	11,9	16,07

Les quantités globales d'eau contenue dans les couches de terre considérées varient de 720 à 960 tonnes par hectare jusqu'à $0^m,50$; elles sont encore considérables, surtout dans le champ de maïs à graines qui avait été sarclé et butté.

PHYSIOLOGIE. — *Influence des graisses sur la toxicité des protéines alimentaires; leur rôle dans l'utilisation des matières azotées. Applications à la thérapeutique.* Note (1) de M. **F. Maignon**, présentée par M. E. Leclainche.

Il ressort des Notes antérieures sur la toxicité des protéines alimentaires (albumine d'œuf, fibrine, caséine) données à l'état pur, et sur l'influence de l'adjonction de substances ternaires, graisses et hydrates de carbone, que les graisses interviennent dans l'utilisation des principes azotés en diminuant la toxicité et en augmentant le pouvoir nutritif.

L'action sur la toxicité se dégage des faits suivants, précédemment exposés:

1° Pour une même espèce animale, les protéines alimentaires se classent, au point de vue de la toxicité, dans un ordre exactement inverse de celui de leur aptitude à se transformer en graisse. Les plus toxiques sont celles avec lesquelles on ne constate pas ou peu de surcharge graisseuse hépatique à la suite de l'ingestion.

2° Chez le rat blanc, l'influence des saisons sur la sensibilité de l'organisme à l'intoxication azotée, traduite par un raccourcissement énorme de la survie des animaux alimentés au printemps et à l'automne, ne s'observe qu'avec l'albumine d'œuf, la seule des trois protéines envisagées dont l'ingestion n'entraîne pas l'accumulation de graisse dans le foie.

(1) Séance du 29 juillet 1918.

3° Pour une même protéine, la toxicité varie suivant l'espèce animale envisagée, et cela en raison inverse de l'aptitude que possède cette dernière à transformer ladite protéine en graisse.

L'action sur le pouvoir nutritif, exposée dans les Notes précédentes, se résume dans les propositions suivantes :

1° Les albuminoïdes purs sont impuissants, à eux seuls, à entretenir la vie. Dans nos expériences, qui ont porté sur le rat blanc et le chien, nous ne nous sommes pas adressé seulement à la gélatine, comme l'avait fait Magendie, mais aussi à l'albumine d'œuf, la fibrine et la caséine.

2° La présence dans la ration de substances ternaires, graisses ou hydrates de carbone, est nécessaire, chez le rat blanc, pour obtenir la fixité du poids, mais la nature du principe ternaire ajouté n'est pas indifférente. Les hydrates de carbone ne se comportent pas comme les graisses et ne peuvent les remplacer.

Avec le mélange albumine-amidon, la fixité prolongée du poids (30 jours au minimum) n'est possible que pour une proportion d'amidon égale à celle de l'albumine. Avec la graisse, la proportion par rapport à l'albumine peut varier sur une très large échelle, de $\frac{1}{4}$ à 2, c'est-à-dire de 1 à 8, et tous ces mélanges permettent d'équilibrer la nutrition.

3° Avec la graisse, le minimum d'albumine nécessaire est environ trois fois moindre qu'avec l'amidon.

4° La ration totale en calories, assurant la fixité du poids, est également bien plus élevée lorsque l'albumine est associée à l'amidon que lorsqu'il s'agit de la graisse ($50^{cal},75$ au lieu de $39^{cal},50$).

5° La durée moyenne de la survie et de la fixité de poids est notablement plus grande avec les mélanges albumine-graisse (76 et 45 jours) qu'avec le mélange albumine-amidon (56 et 30 jours).

La conclusion s'impose que l'albumine est utilisée d'une façon plus économique et qu'elle est moins toxique avec la graisse qu'avec l'amidon.

A l'appui de ces résultats expérimentaux, nous pouvons invoquer le témoignage de *faits d'observation clinique* qui viennent corroborer cette hypothèse de l'intervention des graisses dans le métabolisme des matières azotées.

Nous citerons en premier, comme très anciennement connus, les bons effets de l'huile de foie de morue dans la tuberculose et dans toutes les affections cachectisantes accompagnées de dénutrition azotée. Les thérapeutes

ont d'abord cherché à expliquer les effets de ce traitement par l'intervention de principes actifs contenus dans l'huile, mais ils n'ont pas tardé à reconnaître que ces principes actifs (iode à l'état de traces) n'existent pas en quantité susceptible d'agir et que, d'autre part, les mêmes effets thérapeutiques peuvent être réalisés avec d'autres corps gras.

Les résultats que nous avons obtenus chez le chien et chez l'homme, dans le diabète [1] maigre avec forte dénutrition azotée, par le régime des corps gras, plaident dans le même sens. La substitution, dans la ration, d'aliments gras à la presque totalité des hydrates de carbone, et cela en ayant soin d'éviter l'acidose par l'administration de bicarbonate de soude, entraîne non seulement la disparition de la glycosurie et de l'acétonurie, mais aussi l'arrêt presque immédiat de la dénutrition azotée, avec relèvement rapide du poids et de l'état général. Ce sont ces derniers résultats qui nous ont incliné à penser que les graisses devaient jouer un rôle dans l'utilisation des principes azotés et qui nous ont inspiré les recherches expérimentales qui font l'objet de ce travail.

Au point de vue thérapeutique, les corps gras peuvent donc être considérés comme des modificateurs qualitatifs de la nutrition dont il serait intéressant d'étudier méthodiquement les effets dans toutes les affections rattachées à l'intoxication azotée. Cette étude ne saurait donner de résultats qu'à la condition de se conformer aux règles qui nous ont guidé dans l'administration de graisse aux diabétiques, savoir :

1° Obliger l'organisme à brûler cette graisse en la donnant en substitution d'une partie de la ration et non en supplément. Éviter en un mot l'augmentation de poids.

2° Administrer, en même temps que les graisses, du bicarbonate de soude pour prévenir l'acidose. Donner cette substance en quantité juste suffisante pour maintenir l'acidité urinaire dans les limites normales.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

---

(1) *Société de Biologie*, 2 mai 1908; *Journal de Physiologie et de Pathologie générales*, 15 septembre 1908. — Vallerix, *Thèse de Médecine*, Lyon, 1911.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 AOUT 1918.

PRÉSIDENCE DE M. ED. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE DES SEMI-FLUIDES. — *Solution rationnelle pour les deux problèmes du poinçonnage et de l'écoulement des blocs plastiques, munis d'une ceinture rigide polie.* Note [1] de M. J. BOUSSINESQ.

I. J'ai abordé ces problèmes dans mon avant-dernière Note (*Comptes rendus*, t. 167, 5 août 1918, p. 221), mais en y remplaçant une certaine *proportion*, variable avec la distance r à l'axe dans la partie annulaire du bloc poinçonné, entre les deux différences $N_z - N_r$, $N_\omega - N_r$ des pressions principales N_r, N_ω, N_z, par la simple égalité $N_z = N_\omega$ à laquelle se réduit cette proportion pour la distance spéciale $r = \frac{1}{\sqrt{3}} R_1 = 0,5773 R_1$, souvent susceptible d'être considérée *comme une sorte de moyenne;* et j'ai opéré cette simplification tant en vue d'éviter de doubles formules de N_r, N_ω, N_z de part et d'autre de la distance en question $r = 0,5773 R_1$, que pour obtenir les expressions dues à Tresca des deux forces produisant soit le poinçonnage, soit l'écoulement du bloc. Il s'agira donc ici de mettre en œuvre, malgré la complication qu'elle peut entraîner, la proportion entre $N_z - N_r$ et $N_\omega - N_r$,

$$(1) \qquad \frac{N_z - N_r}{R_1^2 + 3r^2} = \frac{N_\omega - N_r}{2R_1^2},$$

ainsi suggérée par la théorie pour la partie *annulaire* s'étendant depuis la

---

[1] Séance du 5 août 1918.

distance $r = R_0$, rayon du poinçon ou du cylindre central du bloc, jusqu'à la distance $r = R_1$, rayon du bloc poinçonné lui-même.

II. On a vu que cette proportion conduit à distinguer, dans la partie annulaire, deux régions : l'une *interne*, ou contiguë au cylindre central, et allant depuis le bord concave $r = R_0$ jusqn'au cylindre $r = 0,5773\,R_1$; l'autre *externe*, allant depuis ce cylindre jusqu'au bord convexe $r = R_1$.

Dans la première région : où $N_\omega - N_r$ l'emporte sur $N_z - N_r$ et vaut $2K$, N_r reçoit la première expression (2) de ma Note du 29 juillet (p. 189), savoir

$$N_r = -P_0 + 2K \log \frac{r}{R_0}. \tag{2}$$

Et la proportion (1) y donne

$$N_z - N_r = K\left(1 + \frac{3r^2}{R_1^2}\right);$$

d'où, en éliminant N_r,

$$N_z = -P_0 + K\left(1 + 3\frac{r^2}{R_1^2} + \log \frac{r^2}{R_0^2}\right). \tag{3}$$

Dans la seconde région, au contraire, c'est $N_z - N_r$ qui l'emporte et vaut $2K$. La proportion (1) y donne d'ailleurs

$$N_\omega - N_r = \frac{4KR_1^2}{R_1^2 + 3r^2}, \tag{4}$$

et la première équation (1) de ma Note du 29 juillet (p. 189) y devient

$$\frac{dN_r}{dr} = \frac{4K}{r}\,\frac{R_1^2}{R_1^2 + 3r^2} = 2K\left(\frac{2}{r} - \frac{6r}{R_1^2 + 3r^2}\right). \tag{5}$$

Multiplions par dr et intégrons, en introduisant une constante arbitraire γ. Nous aurons

$$N_r = -P_0 + 2K \log \frac{\gamma r^2}{R_1^2 + 3r^2}. \tag{6}$$

Mais comme le cylindre $r = 0,5773\,R_1$, séparatif des deux régions, supporte sur ses deux faces des pressions N_r pareilles, cette dernière formule de N_r y devient égale à (2), circonstance assignant à γ la valeur

$$\gamma = 2\sqrt{3}\,\frac{R_1}{R_0}. \tag{7}$$

Après quoi, N_z ou $2K + N_r$ se trouve également déterminé.

III. Donc, si, pour abréger les formules, on pose

(8) $$\iota = \frac{r^2}{R_1^2},$$

il viendra, en résumé :

(9) $$\left\{\begin{array}{l} \left(\text{pour } \frac{r^2}{R_1^2} < \frac{1}{3} \text{ ou } \iota < \frac{1}{3}\right) \\ N_r = -P_0 + K \log \frac{R_1^2 \iota}{R_0^2}, \qquad N_z = -P_0 + K\left(1 + 3\iota + \log \frac{R_1^2 \iota}{R_0^2}\right); \end{array}\right.$$

(10) $$\left\{\begin{array}{l} \left(\text{pour } \frac{r^2}{R_1^2} > \frac{1}{3} \text{ ou } \iota > \frac{1}{3}\right) \\ N_r = -P_0 + 2K \log \frac{\gamma\iota}{1+3\iota}, \qquad N_z = -P_0 + 2K\left(1 + \log \frac{\gamma\iota}{1+3\iota}\right). \end{array}\right.$$

Enfin, P_0 résultera de la condition de liberté, $\int_{r=R_0}^{r=R_1} N_z d.r^2 = 0$, de la surface supérieure de cette partie annulaire. Et l'on aura ainsi

(11) $$P_0 = \frac{KR_1^2}{R_1^2 - R_0^2}\left[\int_{\frac{R_0^2}{R_1^2}}^{\frac{1}{3}} \left(1 + 3\iota + \log \frac{R_1^2 \iota}{R_0^2}\right) d\iota + 2\int_{\frac{1}{3}}^{1} \left(1 + \log \frac{\gamma\iota}{1+3\iota}\right) d\iota\right],$$

ou bien

$$P_0 = \frac{KR_1^2}{R_1^2 - R_0^2}\left\{\left(\frac{3}{2}\iota^2 + \iota \log \frac{R_1^2 \iota}{R_0^2}\right)_{\frac{R_0^2}{R_1^2}}^{\frac{1}{3}} + 2\left[\iota + \iota \log \frac{\gamma\iota}{1+3\iota} - \frac{1}{3}\log(1+3\iota)\right]_{\frac{1}{3}}^{1}\right\}.$$

L'effectuation des calculs, avec réduction séparée tant de la partie algébrique que de la partie logarithmique, donne pour P_0 l'expression, d'une simplicité inespérée,

(12) $$P_0 = K\left(\frac{3}{2}\frac{R_1^2 + R_0^2}{R_1^2} + \frac{2R_1^2}{R_1^2 - R_0^2} \log \frac{\sqrt{3}\, R_1}{2\sqrt[3]{2}\, R_0}\right).$$

En ajoutant 2K et multipliant par l'aire πR_0^2 de la base du poinçon, on aura donc, pour remplacer la formule de Tresca

(13) $$F = K\pi R_0^2\left(3 + \frac{2R_1^2}{R_1^2 - R_0^2} \log \frac{R_1}{R_0}\right) \quad [1],$$

---

[1] Formule (5) de ma Note du 5 août.

comme expression de la poussée produisant le poinçonnage du bloc :

$$(14) \qquad F = K\pi R_0^2 \left(\frac{7}{2} + \frac{3}{2}\frac{R_0^2}{R_1^2} + \frac{2R_1^2}{R_1^2 - R_0^2} \log \frac{\sqrt{3}R_1}{2\sqrt[3]{2}R_0} \right).$$

IV. Elle a la forme de (13), mais avec la partie algébrique du coefficient entre parenthèses plus grande de $\frac{3R_0^2 + R_1^2}{2R_1^2}$ et, par contre, la partie logarithmique sensiblement moindre; car le facteur $\frac{\sqrt{3}}{2\sqrt[3]{2}}$ vaut seulement 0,68737, au lieu de l'unité.

Dans les deux observations de Tresca citées à ma Note du 5 août, où le rapport de R_1 à R_0 était 1,85 et 5, tandis que la formule (13) avait donné

$$F = (4,7382) K\pi R_0^2 \quad \text{et} \quad F = (6,3531) K\pi R_0^2,$$

la formule (14) donne

$$F = (4,6173) K\pi R_0^2 \quad \text{et} \quad F = (6,1321) K\pi R_0^2.$$

Pour même valeur de K, la formule de Tresca a, comme coefficient numérique, celui de la formule rationnelle multiplié par 1,0262, dans le premier cas, et par 1,036, dans le second. Ces expériences ayant fourni à Tresca les valeurs $K = 176$ et $K = 221$, la formule (14) lui aurait donné 180,6 et 229, valeurs dont la première est plus voisine de la moyenne 200, mais dont la seconde s'éloigne encore un peu plus que 221 de cette moyenne.

V. Imaginons maintenant un orifice, de rayon R_0, ouvert au centre du plateau qui porte le bloc ductile, et, supposant le poinçon supérieur remplacé par un piston de rayon R_1, cherchons la pression totale F qu'il devra exercer sur le bloc pour le faire couler peu à peu par cet orifice. Alors les mouvements se feront à la fois de haut en bas et de la partie annulaire, où se produiront de fortes pressions verticales proprement dites $(-N_z)$, vers le cylindre central, où l'on aura, au contraire, $N_z = 0$ et, par suite, $P_0 = 2K$.

Les expressions (9) et (10) de N_r et de N_z subsisteront encore, mais avec changement de signe de K et avec $P_0 = 2K$. Il viendra donc, comme

pression du piston pour $r > R_0$ et par unité d'aire,

$$(15)\qquad (-N_z) = \begin{cases} 2K + K\left(1 + 3\iota + \log\frac{R_1^2\iota}{R_0^2}\right) & \left(\text{pour } \iota < \frac{1}{3}\right), \\ 2K + 2K\left(1 + \log\frac{\gamma\iota}{1+3\iota}\right) & \left(\text{pour } \iota > \frac{1}{3}\right). \end{cases}$$

Et la valeur moyenne de cette pression, sur toute l'aire $\pi(R_1^2 - R_0^2)$ qui est à considérer, sera $2K$ plus le second membre de (11) ou de (12). De là résultera l'expression totale de la poussée F du piston, avec même coefficient numérique (entre parenthèses), dans chaque cas, que (14),

$$(16)\qquad F = K\pi(R_1^2 - R_0^2)\left(\frac{7}{2} + \frac{3}{2}\frac{R_0^2}{R_1^2} + \frac{2R_1^2}{R_1^2 - R_0^2}\log\frac{\sqrt{3}\,R_1}{2\sqrt[3]{2}\,R_0}\right).$$

La formule de Tresca était

$$(17)\qquad F = K\pi(R_1^2 - R_0^2)\left(3 + \frac{2R_1^2}{R_1^2 - R_0^2}\log\frac{R_1}{R_0}\right).$$

Dans les deux expériences où le rapport de R_1 à R_0 était respectivement 1,85 et 5, et où Tresca avait obtenu pour le plomb les deux valeurs

$$K = 198 \quad \text{et} \quad K = 201,$$

la formule (16), à coefficient numérique un peu plus petit, aurait donné

$$K = 203 \quad \text{et} \quad K = 208.$$

VI. Tout ce qui précède suppose R_0^2 inférieur au tiers de R_1^2, comme il arrivait dans les expériences de Tresca. S'il n'en est pas ainsi, et qu'il s'agisse, par exemple, de poinçonnage, il n'y a plus lieu d'employer les formules (9); et, dans (10), γ se détermine par la condition $N_r = -P_0$ (pour $r = R_0$), qui donne

$$\gamma = 3 + \frac{R_1^2}{R_0^2}.$$

Alors, dans (11), la seconde intégrale définie prend tout le champ d'intégration depuis $r = R_0$ jusqu'à $r = R_1$. Et la formule (14) se trouve finalement remplacée par celle-ci,

$$(14\ bis)\qquad F = 4K\pi R_0^2\left[1 + \frac{1}{3}\frac{R_1^2}{R_1^2 - R_0^2}\log\left(\frac{R_1^2 + 3R_0^2}{4R_0^2}\,\frac{R_1^2 + 3R_0^2}{4R_1R_0}\right)\right],$$

qui, dans le cas limite $R_1^2 = 3R_0^2$, se réduit bien à (14).

A cette limite, le calcul de (14 *bis*) ou de (14) donne $F = (4,5233) K \pi R_0^2$ et, la formule (13) de Tresca, $F = (4,6479) K \pi R_0^2$, résultat où le coefficient numérique est le produit de 4,5233 par 1,0276.

On voit, par comparaison avec les résultats analogues obtenus au n° IV, que les deux formules (13) et (17) de Tresca conduisent à un coefficient numérique excédant d'environ *trois pour cent* celui des formules rationnelles (14) et (16).

Cet excédent *relatif* du coefficient des formules de Tresca sur celui des formules théoriques vaut encore 0,0327 lorsque le rapport de R_0 à R_1 n'est plus que 0,1. Mais il tend vers zéro avec ce rapport, alors que l'excédent *absolu* correspondant devient

$$-\frac{1}{2} + \log\left(\frac{4}{3}\sqrt[3]{4}\right) = 0,2498.$$

CORRESPONDANCE.

Mme **Ramart-Lucas**, MM. **Antoine**, **A. Cotton**, **L. Dunoyer**, **E. Guilbert**, **J. Rouch** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE. — *Sur les courbes algébriques planes ayant des points multiples communs.* Note de M. **R. de Montessus de Ballore**, présentée par M. Appell.

1. Soient deux courbes planes algébriques φ, ψ ayant pour équations

$$(1)\quad \varphi = a_1 y^n + a'_2 x y^{n-1} + a''_3 x^2 y^{n-2} + \ldots + a^{n-2}_{n-1} x^{n-2} y^2 + a^{n-1}_n x^{n-1} y + a^n_{n+1} x^n = 0,$$

$$(2)\quad \psi = b_1 y^n + b'_2 x y^{n-1} + b''_3 x^2 y^{n-2} + \ldots + b^{n-2}_{n-1} x^{n-2} y^2 + b^{n-1}_n x^{n-1} y + b^n_{n+1} x^n = 0,$$

où $a_1, a'_2, a''_3, \ldots, a^{n-1}_n, a^n_{n+1}, b_1, b'_2, b''_3, \ldots, b^n_{n+1}$ sont des polynomes en x ne s'annulant pas tous avec x.

Les courbes φ, ψ ont l'une et l'autre un point multiple d'ordre n en $x = y = 0$.

Formons les identités

$$(3)\quad X_1 = a_1 y^n + a'_2 x y^{n-1} + a''_3 x^2 y^{n-2} + \ldots + a^{n-2}_{n-1} x^{n-2} y^2 + a^{n-1}_n x^{n-1} y + a^n_{n+1} x^n - \varphi = 0,$$

$$(4)\quad X_2 = b_1 y^n + b'_2 x y^{n-1} + b''_3 x^2 y^{n-2} + \ldots + b^{n-2}_{n-1} x^{n-2} y^2 + b^{n-1}_n x^{n-1} y + b^n_{n+1} x^n - \psi = 0,$$

$$\begin{aligned}(5)\quad X_3 &= (a_1 X_2 - b_1 X_1) y \\ &= (a_1 b'_2 - b_1 a'_2) x y^n + (a_1 b''_3 - b_1 a''_3) x^2 y^{n-1} + \ldots \\ &\qquad + (a_1 b^n_{n+1} - b_1 a^n_{n+1}) x^n y + b_1 \varphi - a_1 \psi = 0,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(6)\quad X_4 &= (X_3 + a'_2 x X_2 - b'_2 x X_1) y \\ &= (a_1 b''_3 - b_1 a''_3) x^2 y^n + [(a_1 b'''_4 - b_1 a'''_4) + (a'_2 b''_3 - b'_2 a''_3) x^3 y^{n-1} + \ldots \\ &\qquad + (a'_2 b^n_{n+1} - b'_2 a^n_{n+1}) x^{n+1} y + [(b_1 y + b'_2 x)\varphi - (a_1 y + a'_2 x)\psi] y = 0,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(7)\quad X_5 &= (X_4 + a''_3 x^2 X_2 - b''_3 x^2 X_1) y \\ &= (a_1 b'''_4 - b_1 a'''_4) x^3 y^n + \ldots + (a''_3 b^n_{n+1} - b''_3 a^n_{n+1}) x^{n+2} y \\ &\qquad + [(b_1 y^2 + \ldots)\varphi - (a_1 y^2 + \ldots)\psi] y = 0,\end{aligned}$$

. . . . ,

$$\begin{aligned}(8)\quad X_{n+1} &= (X_n + a^{n-2}_{n-1} X_2 - b^{n-2}_{n-1} X_1) y \\ &= (a_1 b^{n-1}_n - b_1 a^{n-1}_n) x^{n-1} y^n + \ldots + (a^{n-2}_{n-1} b^n_{n+1} - a^n_{n+1} b^{n-2}_{n-1}) x^{2n-2} y \\ &\qquad + [(b_1 y^{n-2} + \ldots)\varphi - (a_1 y^{n-2} + \ldots)\psi] y = 0;\end{aligned}$$

les identités (3) à (8) entraînent la suivante

$$\begin{vmatrix} a_1 & a'_2 x & \ldots & a^{n-1}_n x^{n-1} & a^n_{n+1} x^n - \varphi \\ b_1 & b'_2 x & \ldots & b^{n-1}_n x^{n-1} & b^n_{n+1} x^n - \psi \\ (a_1 b'_2 - b_1 a'_2) x & (a_1 b''_3 - b_1 a''_3) x^2 & \ldots & (a_1 b^n_{n+1} - b_1 a^n_{n+1}) x^n & b_1 \varphi - a_1 \psi \\ (a_1 b''_3 - b_1 a''_3) x^2 & (a_1 b'''_4 - b_1 a'''_4) x^3 & \ldots & (a'_2 b^n_{n+1} - b'_2 a^n_{n+1}) x^{n+1} & [(b_1 y + b'_2 x)\varphi - (a_1 y + a'_2 x)\psi] y \\ (a_1 b'''_4 - b_1 a'''_4) x^3 & \ldots & \ldots & (a''_3 b^n_{n+1} - b''_3 a^n_{n+1}) x^{n+2} & [(b_1 y^2 + \ldots)\varphi - (a_1 y^2 + \ldots)\psi] y \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ (a_1 b^{n-1}_n - b_1 a^{n-1}_n) x^{n-1} & \ldots & \ldots & \ldots & [(b_1 y^{n-2} + \ldots)\varphi - (a_1 y^{n-2} + \ldots)\psi] y \end{vmatrix} = 0,$$

d'où cette nouvelle identité, *fondamentale* pour le sujet en question,

$$(9)\quad \begin{vmatrix} a_1 & a'_2 & \ldots & a^{n-1}_n x^{n-1} & a^n_{n+1} x^n \\ b_1 & b'_2 & \ldots & b^{n-1}_n x^{n-1} & b^n_{n+1} x^n \\ c^2_1 x & c^3_1 x^2 & \ldots & c^{n+1}_1 x^n & 0 \\ c^3_1 x^2 & \ldots & \ldots & c^{n+1}_2 x^{n+1} & 0 \\ c^4_1 x^3 & \ldots & \ldots & c^{n+1}_3 x^{n+2} & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & . \\ c^n_1 x^{n-1} & \ldots & \ldots & c^{n+1}_{n-1} x^{2n-2} & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & a'_2 & \ldots & a^{n-1}_n x^{n-1} & \varphi \\ b_1 & b'_2 & \ldots & b^{n-1}_n x^{n-1} & \psi \\ c^2_1 x & c^3_1 x^2 & \ldots & c^{n+1}_1 x^n & a_1 \psi - b_1 \varphi \\ c^3_1 x^2 & \ldots & \ldots & c^{n+1}_2 x^{n+1} & [(a_1 y + a'_2 x)\psi - (b_1 y + b'_2 x)\varphi] y \\ c^4_1 x^3 & \ldots & \ldots & c^{n+1}_3 x^{n+2} & [(a_1 y^2 + \ldots)\psi - (b_1 y^2 + \ldots)\varphi] y \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ c^n_1 x^{n-1} & \ldots & \ldots & c^{n+1}_{n-1} x^{2n-2} & [(a_1 y^{n-2} + \ldots)\psi - (b_1 y^{n-2} + \ldots)\varphi] y \end{vmatrix}$$

$$(c^j_i = a^{i-1}_i b^{j-1}_j - b^{i-1}_i a^{j-1}_j).$$

Le premier membre de cette identité n'est autre que le *résultant* $R_x(\varphi, \psi)$, obtenu en éliminant y entre les équations (1), (2); l'identité (9) est donc de la forme

$$(10) \qquad R_x(\varphi, \psi) = A_1(x, y)\varphi + B_1(x, y)\psi.$$

2. On peut mettre en évidence le facteur $x^{(n^2)}$ dans le premier membre de l'identité (9) et le facteur x^{n^2-2n+1} dans le second membre de la même identité. Soit

$$R_x = x^{(n^2)}\rho_x(\varphi, \psi), \quad A_1(x, y) = x^{n^2-2n+1}A(x, y), \quad B_1(x, y) = x^{n^2-2n+1}B(x, y);$$

l'identité (10) prend la forme

$$x^{2n-1}\rho_x(\varphi, \psi) = A(x, y)\varphi + B(x, y)\psi.$$

3. Plus généralement, si le point $x = y = 0$ est multiple d'ordre p pour la courbe φ, d'ordre q pour la courbe ψ; si φ, ψ sont de degrés quelconques n, m, on peut écrire, en suivant une marche semblable, et en désignant le résultant par $x^{pq}\rho_n(\varphi, \psi)$,

$$(11) \qquad x^{p+q-1}\rho_x(\varphi, \psi) = A(x, y)\varphi + B(x, y)\psi.$$

4. Par des transformations convenables des déterminants qui figurent dans l'identité (9) et des déterminants analogues qui se présentent dans l'étude des courbes définies au n° 3, on démontre l'identité suivante, qui généralise l'identité (11) :

$$(12) \qquad x^{p+q-1-h}y^h\rho_x(\varphi, \psi) = C(x, y)\varphi + D(x, y)\psi \qquad (0 \leqq h \leqq p + q - 1).$$

5. Soient maintenant $x = a_1$, $y = b_1$; $x = a_2$, $y = b_2$; ...; $x = a_i$, $y = b_i$ des points multiples d'ordres respectifs $p_1, p_2, \ldots, p_i$, pour φ et $q_1, q_2, \ldots, q_i$ pour ψ; il résulte de (12) cette nouvelle identité

$$(13) \qquad \left\{\begin{array}{l} [(x-a_1)^{p_1+q_1-1-h_1}(y-b_1)^{h_1}] \\ \times [(x-a_2)^{p_2+q_2-1-h_2}(y-b_2)^{h_2}] \times \ldots \\ \times [(x-a_i)^{p_i+q_i-1-h_i}(y-b_i)^{h_i}]\,\sigma_x(\varphi, \psi) = E(x, y)\varphi + F(x, y)\psi \\ \qquad\qquad (0 \leqq h_j \leqq p_j + q_j - 1). \end{array}\right.$$

6. Plaçons-nous dans le cas, *absolument général*, où les points (a_i, b_i)

étant multiples d'ordre p_i pour φ, d'ordre q_i pour ψ, le résultant $R_x(\varphi, \psi)$ admet seulement le facteur $(x - a_i)^{p_i q_i + s_i}$ $(a_i^j \neq a_i^k)$, ce qui se présente notamment quand les courbes φ, ψ ont un contact (a_i, b_i); l'identité (13) prend la forme

$$\Pi[(x - a_i)^{p_i + q_i - 1 + s_i - h_i}(y - b_i)^{h_i}] = G(x, y)\varphi + H(x, y)\psi \qquad (0 \leqq g_i \leqq p_i + q_i - 1),$$

et il en résulte la proposition générale suivante, qui précise un chapitre bien connu de géométrie :

Théorème. — *Dans les conditions qu'on vient d'indiquer, on peut toujours écrire,* $f_1(x, y)$, $f_2(x, y)$, ... *étant des polynomes arbitraires en* (x, y),

$$\begin{gathered} f_1(x, y)\,\Pi_1[(x - a_i)^{p_i + q_i - 1 + s_i - h_{i1}}(y - b_i)^{h_{i1}}] \\ + f_2(x, y)\,\Pi_2[(x - a_i)^{p_i + q_i - 1 + s_i - h_{i2}}(y - b_i)^{h_{i2}}] + \ldots = K(x, y)\varphi + L(x, y)\psi \\ (0 \leqq h_{ij} \leqq p_i + q_i + s_i - 1). \end{gathered}$$

PHYSIQUE. — *Sur l'équation caractéristique des fluides* [1].
Note de M. **Pierre Weiss**, transmise par M. J. Violle.

Je définis la pression interne Π non comme terme correctif de la pression extérieure p, mais comme la dérivée de l'énergie par rapport au volume v. Soient C_v la chaleur spécifique à volume constant, T la température absolue. La Thermodynamique donne

$$\frac{\partial C_v}{\partial v} = \frac{\partial \Pi}{\partial T} \tag{1}$$

et

$$\frac{1}{T}\frac{\partial C_v}{\partial v}\;\frac{\partial \dfrac{p + \Pi}{T}}{\partial T}, \tag{2}$$

d'où

$$\frac{\partial p}{\partial T} = \frac{p + \Pi}{T} \tag{3}$$

et

$$\frac{1}{T}\frac{\partial C_v}{\partial v} = \frac{\partial^2 p}{\partial T^2}. \tag{4}$$

---

(1) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 232.

Il résulte de (4) que, dans toute région où les isochores sont des droites, $\frac{\partial C_v}{\partial v} = 0$ et

$$\frac{\partial \frac{p+\Pi}{T}}{\partial T} = 0 \tag{5}$$

et

$$\frac{\partial \Pi}{\partial T} = 0, \tag{6}$$

d'où

$$\frac{p+\Pi}{T} = f_1(v) \tag{7}$$

et

$$\Pi = f_2(v). \tag{8}$$

(8) est la « loi de la pression interne ». On peut envisager (7) comme l'expression de la dépendance de v de la variable T : $(p+\Pi)$, c'est-à-dire de la température ramenée, par division, à la pression totale 1. J'appellerai donc (7) la « loi de dilatation ». L'équation (3) montre que le coefficient angulaire de l'isochore donne $(p+\Pi)$: T et que l'ordonnée à l'origine changée de signe donne Π pour le volume considéré.

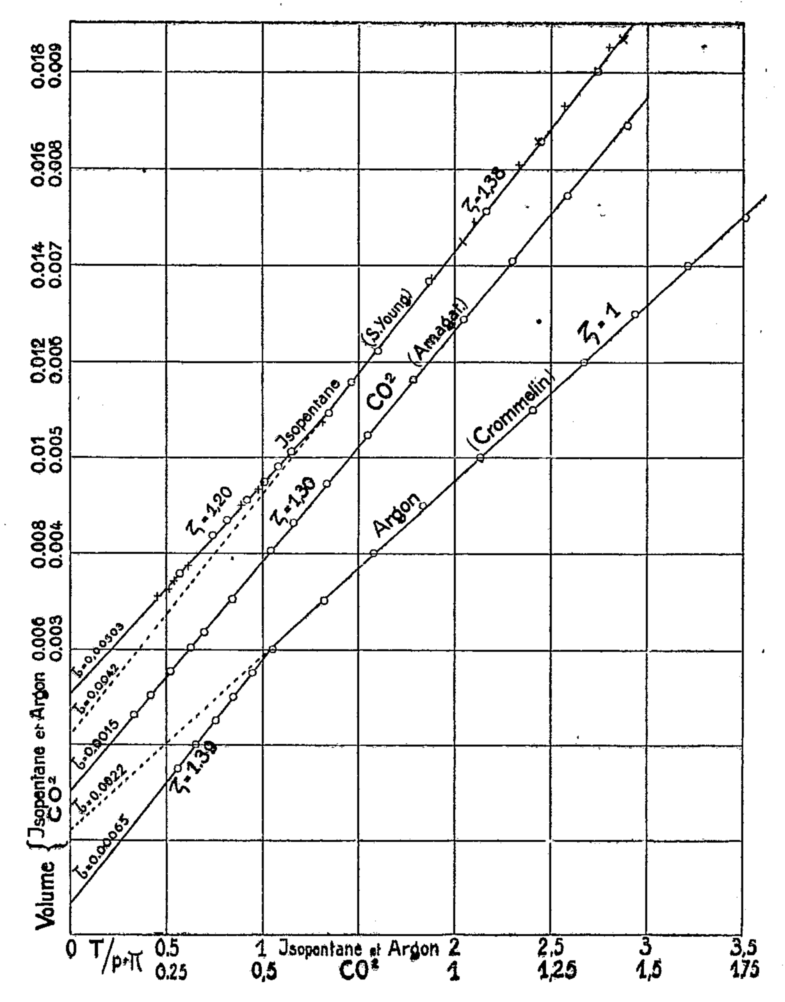
J'examinerai d'abord la loi de dilatation. Les isochores de l'hydrogène, déduites des mesures de Kamerlingh Onnes et Braak, sont rectilignes avec une grande précision dans l'intervalle de $T = 68^\circ,3$ à $T = 169^\circ,4$. Elles donnent, pour la loi de dilatation,

$$v = b + R\,\frac{T}{p+\Pi}, \tag{9}$$

où R est, avec toute la précision du dessin, la constante des gaz parfaits 1 : 273,1 (unités : volume normal, atmosphère). Ceci est très remarquable, la pression interne atteignant $16^{\text{atm}},2$, plus du quart de la plus grande pression extérieure et le volume limite ($b = 0{,}00105$) étant égal au cinquième du plus petit volume observé.

Pour toutes les familles d'isochores rectilignes j'ai trouvé, au degré de précision des expériences, une relation de la forme (9), mais en général avec un coefficient $R = \zeta : 273{,}1$ où le facteur ζ a une valeur supérieure à l'unité. Ainsi, dans la figure, la loi de dilatation de l'anhydride carbonique, d'après les mesures d'Amagat entre 60° et 100°, donne $\zeta = 1{,}30$. Les deux

autres lois de dilatation représentées dans la figure se rapportent à des familles d'isochores rectilignes de l'argon et de l'isopentane. Ici se manifeste une nouvelle espèce de changement d'état, par le fait que chacune de



ces lois se traduit par deux segments de droite formant une ligne brisée. Il y a donc, pour chacune de ces deux substances, deux volumes limites différents et deux valeurs de ζ qui sont : pour l'isopentane 1,20 et 1,38, et pour l'argon 1,39 et 1.

Les coefficients ζ prennent un nombre limité de valeurs, empruntées

indépendamment de la nature de la substance à une même série de nombres. Ceux que l'on rencontre le plus souvent sont en effet : 1 ; 1,05 ; 1,10 ; 1,20 ; 1,29 ; 1,39 ; 1,78 ; ... ; 2,65 ; et d'autres valeurs plus élevées. Tous ces nombres supérieurs à l'unité indiqueraient, non une association de molécules souvent invoquée, mais une dissociation. Cependant le cas de l'argon semble exclure cette dernière hypothèse.

En général des états existant dans des régions de grands volumes possèdent aussi de grands volumes limites. Tel est le cas de l'argon (voir la figure). Ils atteignent quelquefois des valeurs remarquablement grandes. Ainsi l'isopentane a, dans deux états différents, des volumes limites 4 et 8, 5 fois plus grands que le volume spécifique du liquide à zéro.

ÉLECTRICITÉ. — *Effet électrothermique, comprenant comme cas spécial l'effet Thomson.* Note (¹) de M. CARL BENEDICKS, présentée par M. H. Le Chatelier.

Soit un conducteur métallique de forme cylindrique, présentant un *étranglement symétrique*. On pourra déterminer une différence de température du métal des deux côtés de l'étranglement, pendant qu'il est traversé par un courant électrique. Cherchons la différence de température u qui pourra résulter d'un renversement du courant d'intensité i, c'est-à-dire la fonction $u = f(i)$.

L'effet Thomson pourra donner des variations de u. En effet, l'étranglement se réchauffera plus que le métal adjacent. Ce réchauffement, sensiblement proportionnel à i^2, provoquera un excès de température à droite de l'étranglement, si le courant va de gauche à droite, dans le cas d'un coefficient Thomson positif, comme celui de l'or. Cet effet Thomson donnera lieu à une différence de température, exprimée par l'équation

$$u = k_3 i^3 + k_5 i^5, \tag{1}$$

où k_3 et k_5 sont des constantes positives dans le cas d'un coefficient Thomson positif. Le terme $k_5 i^5$ provient de ce que, généralement, la résistance électrique augmente avec la température.

La valeur de k_3 pourra être modifiée, si la symétrie de l'étranglement

(¹) Séance du 5 août 1918.

n'est pas stricte. Jusqu'ici, on ne connaît pas d'autre facteur qui puisse faire varier u.

Or il résulte de l'effet *thermo-électrique* que j'ai découvert en 1916 ([1]), qu'il faut s'attendre à l'existence d'un effet *électrothermique* général, qui en est le renversement : *un transport de chaleur par le courant électrique dans un conducteur de température constante* ([2]).

Cet effet, désigné provisoirement par X, comprendrait l'effet Thomson comme cas spécial (à température variable); comme pour celui-ci, le transport de chaleur sera proportionnel à i.

J'ai réussi à démontrer l'existence de cet effet X par différentes méthodes.

L'effet X occasionne une variation de température $u = -k_1 i$ (k_1 = const. à une température donnée) *de direction contraire* à celle de l'effet Thomson spontané : il se produit, dans un métal à coefficient Thomson positif, comme si une accumulation de la chaleur transportée par le courant se produisait en avant de l'étranglement. Nous aurons donc, en complétant (1),

$$u = -k_1 i + k_3 i^3 + k_5 i^5. \tag{2}$$

L'expérience vérifie ces prévisions. La figure 1 se rapporte à l'or.

Le fil, de $1^{mm},0$ est disposé en croix; une vis micrométrique permet de déplacer le point de contact jusqu'à égaliser à peu près la température des soudures; celles-ci, fixées à deux petites plaques de cuivre courbées en cylindre et soigneusement isolées, renferment les deux bouts libres de la croix (couple cuivre-constantan; sensibilité du galvanomètre, $1^{mm} = 1.10^{-8}$ volt).

La courbe tracée a été calculée d'après (2).

Pour un métal à coefficient Thomson négatif, comme le platine, les constantes de (2) changeront de signe. Les observations reportées dans la figure 2 se rapportent au platine; la courbe a pour expression

$$u = 6,0 i - 0,083 i^3 - 0,00071 i^5.$$

Dans ces figures, il faut remarquer : d'abord un intervalle AB, où u

---

([1]) C. Benedicks, *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 751; voir aussi t. 165, 1917, p. 391 et 426. Exposé détaillé : *Ann. d. Physik*, t. 55, 1918, p. 1-80, 103-150.

([2]) Cette supposition est analogue à une hypothèse de F. Kohlrausch (*Pogg. Ann.*, t. 156, 1875, p. 601), qui, faute d'une démonstration expérimentale, a été sévèrement critiquée.

varie d'une manière strictement linéaire; c'est le *domaine de l'effet* X *pur*; après un *point neutre* C, où u est indépendant des variations de i, vient un *point d'inversion* D, où $u = 0$. Dans les six séries relatives au platine (fil de 1^{mm}), *l'intensité d'inversion* a été trouvée égale à 6,0, 6,9, 7,2, 6,5, 5,9, 6,9 ampères, elle doit varier avec la grandeur de l'étranglement.

Pour le graphite, on ne réussit pas à atteindre le point d'inversion. La cause en est que le *coefficient* (k_1) *de l'effet X augmente fortement avec la température*. Pour le graphite, on a trouvé en valeurs relatives : à 0° C., 40; à 100°, 70; à 200°, 100; cette augmentation est plus considérable que la proportionnalité à la température absolue.

Pour des études quantitatives, il convient de réaliser l'étranglement au

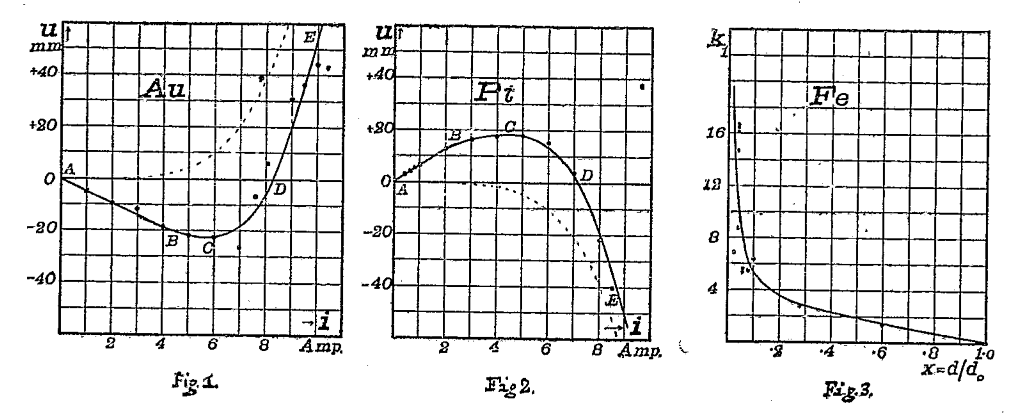


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

milieu d'un long cylindre, en réduisant son diamètre d_0 à une valeur d, sur une longueur l.

En faisant varier la relation $x = \frac{d}{d_0}$, on trouve des courbes (k_1, x) très caractéristiques. Voir les observations (*fig*. 3), obtenues avec un acier à 0,6 pour 100 de carbone; la courbe tracée a pour expression empirique

$$R_1 = \frac{\alpha}{x} + \beta + \gamma x - (\alpha + \beta + \gamma) x^2;$$

cette forme suffit pour les six substances étudiées jusqu'ici.

En faisant varier l et laissant d constant, on trouve que k_1 *croît d'une manière linéaire avec* l. En faisant l'extrapolation pour $l = 0$, on obtient une valeur k_1 définie, qui s'est montrée essentiellement indépendante de la valeur d constante qu'on a employée, et qui, par conséquent, doit être considérée comme un *coefficient* X *caractéristique du métal.*

L'effet X donne au domaine de la thermo-électricité une simplification considérable et une symétrie qui lui manquait jusqu'ici.

	Circuit homogène.	Circuit hétérogène.
Effets thermo-électriques....	Benedicks (1916)	Seebeck (1823)
Effets électro-thermiques............	Benedicks (1918)	Peltier (1834)

Ce Tableau doit remplacer celui qui se trouve dans ma Note de 1916.

On peut se demander si, dans le but de rendre justice au nom de W. Thomson, l'effet provisoirement désigné ici comme effet X, qui comprend l'effet Thomson comme cas spécial, ne serait pas convenablement appelé *effet Thomson généralisé* ou, plus brièvement, *effet Kelvin* (¹).

GÉOLOGIE. — *Sur les dépôts néogènes du détroit Nord-Bétique (Espagne méridionale).* Note de M. **Louis Gentil**, présentée par M. Émile Haug.

On sait l'importance qui s'attache à l'histoire du détroit Nord-Bétique, de cette dépression comprise entre la Meseta Ibérique et la Cordillère Bétique qui mettait en communication, à l'époque néogène, l'océan Atlantique et la mer Méditerranée. A ce point de vue, l'étude des dépôts miocènes de la vallée du Guadalquivir offre un intérêt capital.

De nombreux travaux ont été publiés sur cette question, notamment par Silvertroop (1830), de Orueta (1877), von Drasche (1879), Gonzalo y Tarin (1880), la Commission géologique espagnole, etc. Reprise par la Mission d'Andalousie, elle a fait l'objet d'un Mémoire de la part de MM. Marcel Bertrand et Kilian, à une époque où le parallélisme des terrains miocènes du bassin méditerranéen était encore à établir. Plus récemment, Robert Douvillé a parfaitement décrit les faciès du Miocène inférieur de la province de Jaen (1906) et l'ingénieur Juan Gavala a donné une étude du Néogène de la région pétrolifère de l'Andalousie (1916).

Les trois termes du Miocène sont bien représentés dans les provinces de Cadix, Séville, Cordoue et Grenade.

(¹) Un effet Kelvin thermo-électrique, prévu par ce savant pour les cristaux, vient d'être établi expérimentalement par G. Borelius et A.-E. Lindh (*Ann. d. Physik*, t. 53, 1917, p. 97).

Le Miocène inférieur (premier étage méditerranéen) est formé de mollasse débutant par des débris détritiques plus grossiers (poudingue de base). Les fossiles y sont assez fréquents; ils appartiennent à une faune caractéristique du Burdigalien (*Pecten Beudanti* Bast., *P. præscabriusculus* Font., *Clypeaster altus* Lmk., etc. (¹).

Cet étage affleure un peu partout. Il est transgressif sur la Meseta Ibérique; on le rencontre en maints endroits dans la vallée du Guadalquivir et dans le bassin de Grenade. Sa puissance peut atteindre 50^m à 60^m.

Le deuxième étage méditerranéen (Vindobonien) est représenté, à la base, par des argiles à Foraminifères avec cristaux de gypse, qui succèdent, *en concordance*, aux grès burdigaliens. Le passage insensible des grès du premier étage aux marnes du second se fait soit par des argiles gréseuses, soit par des dépôts à Diatomées, la *moronite* des géologues espagnols. L'épaisseur de cette formation est considérable; elle peut dépasser 300^m. Les fossiles y sont très rares en dehors des Foraminifères. On y rencontre cependant les traces d'une faune de l'Helvétien, caractérisée par *Flabellipecten Ugolinii* Dep. et Rom., *Amussium cristatum* Brocc., *Arca diluvii* Lmk. et, au sommet de la formation, *Ostrea crassissima* Lmk., assez fréquente.

Le Miocène moyen se termine par des dépôts gréseux, parfois avec poudingues, sorte de mollasse marine atteignant 60^m d'épaisseur, dans laquelle on n'a guère rencontré, en dehors du bassin de Grenade, que l'*Ostrea crassissima* Lmk.

Quelques confusions, que j'explique par des faits d'ordre tectonique, se sont produites au sujet des deux sous-étages du Miocène moyen. C'est ainsi, par exemple, que l'ingénieur Juan Gavala a séparé, sur la carte qui accompagne son important Mémoire (²) : un « Burdigaliense », dans lequel il a englobé à la fois le Miocène inférieur et les argiles helvétiennes; un « Helvetico » (Caliza tosca), qui est, en réalité, la mollasse tortonienne; enfin il a fait un étage sarmatique avec des argiles à *Pecten Ugolinii* Dep. et Rom., qui sont helvétiennes, et des sables à *Ostrea crassissima*, qui sont tortoniens (³).

Les marnes helvétiennes s'observent dans toute la vallée du Guadalquivir, à l'est de Jerez de la Frontera, dans la vallée du Rio Guadalete,

(¹) Voir à ce sujet : CH. DEPÉRET *in* ED. SUESS, *La face de la Terre*, trad. franç. Paris, t. 1, 1897, p. 380.

(²) JUAN GAVALA Y LABORDE, *Regiones petroliferas de Andalucia* (*Bol. Inst. Geol. de España*, 2ᵉ série, t. 17, 1906, p. 76).

(³) *Loc. cit.*, pl. 5.

dans le bassin de Grenade, dans les vallées du Rio Genil et du Guadajoz, notamment entre Puente Genil et Cordoue, où elles surmontent, en concordance, les grès burdigaliens, etc.

Les grès tortoniens se montrent très développés dans la vallée du Rio Guadalete, en amont d'Arcos de la Frontera, où ils reposent normalement sur les marnes helvétiennes et recouvrent transgressivement la nappe triasique.

Dans le bassin de Grenade les grès tortoniens passent latéralement à des conglomérats puissants, désignés par von Drasche sous le nom de *Blockformation* (1), dont l'étude a été élucidée par MM. Marcel Bertrand et Kilian (2).

Cette formation repose visiblement, *en discordance*, sur les grès burdigaliens et les marnes helvétiennes plissés et en grande partie démantelés par l'érosion. Les conglomérats montrent, à leur base, des cailloutis et des sables, qui renferment, à Dudar, des intercalations de marnes bleues, dans lesquelles se rencontre une faune tortonienne étudiée par M. Kilian : *Terebra fusca* Brocc., *Ancilla obsoleta* Brocc., *Chenopus pes græculi* Brocc., *Dentalium Bouei* Desh., *Amussium cristatum* Brocc., *Arca diluvii* Lmk., etc.

Très puissants sous l'Alhambra, où ils sont constitués par des débris de roches cristallines de la sierra Nevada, ces conglomérats renferment, à l'ouest de Jayena, des calcaires avec Polypiers et *Cerithium mitrale* Eichw., *C. vulgatum* Brug., qui rappellent le faciès sarmatique.

Les conglomérats du bassin de Grenade représentent un faciès d'estuaire du Tortonien et je pense qu'à l'époque de leur formation le bassin était largement ouvert dans le détroit Nord-Bétique.

La série miocène se termine, dans la région de Grenade, par une puissante formation de marnes gypseuses, avec lits de gypse, surmontés de marnes ligniteuses avec *Melanopsis impressa* Krauss, *Limnæa Forbesi* G. et F., *Hydrobia etrusca* Cap., *Planorbis Mantelli* Dunker. Cette formation lagunaire, puissante de 200^{m}, est surmontée par des calcaires lacustres à *Planorbis Mantelli* D., *Limnæa girundica* Noul., etc., que l'on peut synchroniser avec des calcaires d'eau douce qui, dans la province de Teruel, alternent avec des couches à *Hipparion*.

---

(1) *Geologische Skizze des Hochgebirgstheiles der Sierra Nevada in Spanien* (*Jahrb. der k. k. geol. Reichsanst.* Vienne, t. 29, 1879, p. 93-122, pl. VII-XI).

(2) *Mission d'Andalousie*, Paris, Imprimerie Nationale, 1889, p. 489-499.

Cet ensemble, étudié avec beaucoup de soin par M. Kilian, représente le Miocène supérieur (Pontien) (¹).

Il résulte de ce qui précède que les dépôts du détroit Nord-Bétique comprennent toute la série miocène. Marins au Miocène inférieur et moyen, ils sont lagunaires puis lacustres au Miocène supérieur.

Ainsi le *détroit Nord-Bétique a fonctionné, depuis le début du Miocène, pendant toute la durée des premier et deuxième étages méditerranéens ; il était fermé pendant le Miocène supérieur, ainsi que l'indiquent les dépôts lagunaires et lacustres de la région de Grenade.*

L'origine essentiellement détritique des dépôts tortoniens qui s'étalent aux pieds de la sierra Nevada indique que des mouvements orogéniques importants préparaient, à cette époque, la fermeture définitive du détroit.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sporulation par symbiose chez des Champignons inférieurs.* Note de M. **A. Sartory**, présentée par M. H. Lecomte.

Au cours de recherches antérieures nous avons pu constater qu'une bactérie était nécessaire, d'une part pour provoquer la sporulation d'une levure (²) et, d'autre part, pour assurer la production des périthèces chez un *Aspergillus* (³). Nous avons alors été amené à supposer que, dans chacun de ces cas, la bactérie n'agissait pas directement sur les deux ascomycètes précités, mais intervenait plutôt par une action modificatrice qu'elle exerçerait sur le milieu de culture.

C'est dans le but de vérifier cette hypothèse que nous avons entrepris la série d'expériences suivantes. Chacune d'elles a été simplement mentionnée par l'indication du milieu de culture employé, des espèces qui y ont été ensemencées et de la nature des appareils de fructification obtenus.

A + 28° (⁴) :

Pulpe de carotte seule + *Aspergillus* → formation d'appareils conidiens seuls;

(¹) *Loc. cit.*, p. 500-507.

(²) A. Sartory, *Sporulation d'une levure sous l'influence d'une bactérie* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 30 mars 1912).

(³) A. Sartory, *De l'influence d'une bactérie sur la production des périthèces chez un* Aspergillus (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 4 mars 1916).

(⁴) Pour chaque expérience, trois séries ont été instituées. Il est superflu d'ajouter que tous les milieux étaient préalablement stérilisés et ensemencés ensuite.

Pulpe de carotte seule + bactérie + *Aspergillus* → appareils conidiens + périthèces;
Gélose au salep + *Aspergillus* → appareils conidiens seuls.

A + 18°, + 22°, + 35°, + 37°, avec ce dernier milieu, mêmes résultats, mais végétation moins luxuriante.

En boîte de Pétri, sur bloc de plâtre recouvert d'une mince couche de gélose au salep, on constate :

a. *Aspergillus* sans bactérie → appareils conidiens seuls.

b. *Aspergillus* + bactéries → appareils conidiens avec formation de périthèces en moins de 12 jours.

En répétant ces deux expériences sur bloc de plâtre imbibé d'une solution nutritive de liquide de Raulin ordinaire « neutre », on obtient :

a. Sans bactérie → végétation plus luxuriante que dans le cas correspondant précédent, quelques appareils conidiens, pas de périthèces.

b. Avec bactérie → pas de périthèces; il est vrai que la bactérie végète très mal.

En opérant identiquement, mais en substituant du liquide de Raulin « acide » au liquide de Raulin « neutre », on arrive aux mêmes conclusions, la bactérie n'ayant pu se développer.

Sur compost à base d'Osmonde, en présence de bactéries, l'*Aspergillus* donne des périthèces.

Nous avons ensuite essayé les milieux suivants :

Banane + bactéries + *Aspergillus* — pas de périthèces, même après deux mois.

(*a*) Pomme de terre + bactéries + *Aspergillus* — quelques rares périthèces au bout de 17 jours.

Pomme de terre glycérinée + bactéries + *Aspergillus* — pas de périthèces.

Pomme de terre acide + bactéries + *Aspergillus* — pas de périthèces.

Sur pulpe de pomme de terre, et en présence de bactéries, les résultats sont meilleurs qu'en (*a*), en ce sens qu'on obtient un nombre supérieur de périthèces.

Il semble, dans ces expériences, que le malaxage du milieu favorise la production des périthèces, de même que l'aération. Mais malgré ces deux causes favorisantes, malaxage et aération, les périthèces ne se produisent jamais en l'absence de bactéries [1].

---

(1) Dans chacune de nos expériences, nous avons toujours veillé à la pureté de nos cultures. Afin qu'il ne nous fût point objecté que des éléments étrangers eussent pu être introduits dans ces cultures au moment où nous les vérifiions, nous avions toujours, à côté de nos trois matras d'expérience, un quatrième matras qui n'était jamais ouvert.

Nous avons, dans la suite, utilisé des brindilles de bois (orme) finement dilacérées et enduites de gélose au salep, le tout étant stérilisé. Sur ce nouveau milieu, et en suivant le protocole établi pour les expériences précédentes, les résultats suivants ont été observés :

a. Sans bactéries : Appareils conidiens seuls, au bout de 4 jours.

b. Avec bactéries : Appareils conidiens abondants, puis périthèces.

Si nous ne prenons pas la précaution de dilacérer les brindilles, tandis que les appareils conidiens demeurent nombreux, la production des périthèces se trouve par contre ralentie; ce n'est qu'au bout de 13 à 14 jours qu'on les voit apparaître et toujours en quantité moindre que les appareils conidiens.

Enfin, des cultures tentées sur artichaut, soit en pulpe soit en cubes, n'ont jamais donné de périthèces, qu'il y ait eu ou non adjonction de bactéries.

Dans la suite, nous avons cherché à reproduire les mêmes phénomènes avec d'autres bactéries : *Bacillus subtilis*, deux bactéries isolées de la terre, *Micrococcus prodigiosus*, un bacille jaune voisin du *B. luteus*. Jamais nos expériences n'ont été couronnées de succès. Mais nous n'inférons pas de ce fait qu'il y ait spécificité de la bactérie vis-à-vis des résultats obtenus.

Quoi qu'il en soit, nos essais n'en resteront pas là, et nous continuerons nos recherches dans ce sens. D'autre part, en présence de l'action favorisante constante de la bactérie sur la production des périthèces, nous nous sommes demandé si, pour obtenir les mêmes résultats, on ne pourrait se passer de la bactérie vivante. Nous avons alors entrepris la série d'expériences suivantes :

A + 28° :

Série témoin. — Pulpe de carotte seule + *Aspergillus* → conidies. — Au bout de deux mois, pas de périthèce.

Série A. — Pulpe de carottes + bactéries + *Aspergillus* → formation de périthèces.

Quatre matras sont alors préparés de la façon suivante : on y introduit de la pulpe de carotte, on stérilise et l'on ensemence à l'aide de bactéries. Tous les deux jours on agite la culture. Au bout de 14 jours, trois de ces matras sont soumis à l'autoclave pendant 15 minutes à une température de 110°. Après certitude que ces trois matras sont dépourvus de tous germes, nous les ensemençons, ainsi que le quatrième matras témoin, avec de l'*Aspergillus*. Nous constatons :

Dans le premier matras, au quatrième jour, des appareils conidiens, mais pas de périthèces. Ceux-ci apparaissent, mais rares, le quinzième jour.

Dans le second matras : mêmes résultats. Les périthèces, rares, semblent localisés sur les bords.

Dans le troisième matras : résultats identiques au précédent.

Reste le matras témoin, ensemencé avec la bactérie et l'*Aspergillus*, mais non passé à l'autoclave. On constate chez lui de nombreux appareils conidiens ainsi que des périthèces.

Ces expériences ont été répétées, mais en prolongeant cette fois le séjour de la bactérie jusqu'au vingt-septième jour, sur pulpe de carotte et également sur gélose au salep dilacérée tous les deux jours. Les résultats obtenus ont été les mêmes; les périthèces, en nombre peut-être un peu supérieur, sont toujours restés rares.

Tels sont les faits que nous avons observés; sans vouloir en tirer une conclusion d'ordre général, nous devons cependant admettre que :

1° La bactérie favorise la production des périthèces;

2° La formation des périthèces n'est pas fonction de la température;

3° Sans bactéries, les périthèces ne peuvent se produire;

4° Sous l'action de la bactérie, il semble que le milieu subisse une transformation qui le rende capable de provoquer la formation des périthèces. Cette nouvelle propriété du milieu serait peut-être plus sensible, s'il ne subissait lui-même l'action d'une température de 110° pendant 15 minutes, lorsqu'on veut se débarrasser de la bactérie.

THÉRAPEUTIQUE. — *Sur les résultats de la sérothérapie antigangréneuse.* Note de MM. **H. Vincent** et **G. Stodel**, présentée par M. Charles Richet.

Notre précédente Note a fait connaître la méthode que nous avons employée pour la préparation d'un sérum curatif de la gangrène gazeuse [1]. Il nous a paru que, dans les circonstances actuelles, il pouvait être utile, dans l'intérêt des blessés, de publier la technique à laquelle on peut devoir la guérison de cette complication si redoutable et si fréquente des blessures de guerre.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 245.

Il est, en principe, beaucoup plus aisé de prévenir les phénomènes infectieux qui interviennent dans ces blessures, que de les guérir lorsqu'ils se sont déjà développés. Dans ce dernier cas, les moyens défensifs naturels sont limités ou font défaut. L'invasion des tissus musculaire et cellulaire par les microbes anaérobies, et surtout par le *Bac. perfringens* (*Bac. Welchii*), s'effectue avec une rapidité parfois inouïe. Dans l'un de nos cas (qui a d'ailleurs guéri sous l'influence du sérum) l'infiltration gazeuse des tissus avait progressé de 20^{cm} en 20 minutes, gagnant simultanément le thorax, le dos et l'abdomen, en même temps que naissaient les phlyctènes. « On eût pu cinématographier facilement l'envahissement de l'infection. »

Mieux que l'action préventive, le pouvoir thérapeutique du sérum donnera, par conséquent, la mesure de son efficacité. On ne peut exposer, dans une Communication sommaire, tous les cas qui en témoignent. Une trentaine de blessés ont été traités par le sérum, sur lesquels la plupart ont guéri. Quelques exemples en seront seulement cités. Ils sont empruntés aux observations cliniques que nous ont adressées les chirurgiens ayant soigné ces blessés.

I. Soldat R..., Pierre (Service des docteurs Laurence et Guinoiseau). — Blessé le 28 mai 1918. Plaies multiples par éclat d'obus : 1° du thorax (plaie pénétrante); 2° de la jambe gauche avec lésion des vaisseaux tibiaux postérieurs; 3° de la cuisse droite, avec fracture de la branche ischio-pubienne.

Cet homme avait reçu, peu après sa blessure, 60^{cm^3} d'un sérum antigangréneux préparé dans un autre laboratoire.

Deux jours après, état extrêmement grave. *Gangrène gazeuse du membre inférieur droit, crépitation des parois de la cuisse, de la partie inférieure de l'abdomen et de la région dorsale. La jambe gauche est également envahie par la gangrène gazeuse.*

On pratique, sans aucun espoir, l'amputation de la cuisse droite. Le blessé reçoit 40^{cm^3} de notre sérum antigangréneux. (Au moment où l'on va faire l'injection, le chirurgien dit : « Attendez, je crois que le blessé est mort... ».) Le lendemain, il va mieux; l'infiltration gazeuse a disparu. Cinq jours après, il est en état d'être évacué sur l'hôpital d'Angicourt. — Guérison.

II. N..., adjudant (Service du professeur Jalaguier). — Blessé le 2 juin. Plaie du bras gauche par éclat d'obus. Hémorragie abondante et syncope. Éclatement du tiers inférieur de l'humérus, rupture de l'artère humérale, etc.

Deux jours après, *apparition brusque d'une gangrène gazeuse à forme foudroyante. La crépitation gazeuse a gagné l'épaule gauche, a envahi presque la moitié du thorax, descend sur les parois latérales de l'abdomen au niveau de la crête iliaque, et jusque dans la région dorsale.*

État général très grave, dyspnée intense, pouls incomptable. Désarticulation de l'épaule en pleins tissus infiltrés de gaz et injection, presque *in extremis*, de 60^{cm^3} de sérum antigangréneux.

Le lendemain, à la grande surprise de ceux qui le soignent, le blessé est encore vivant et même va mieux. La zone de crépitation s'est beaucoup rétrécie. Le surlendemain, le blessé « est transformé », les gaz ont disparu. — Guérison.

III. Lav..., soldat (Service des Drs Desmarest et Moréno, Hôpital 511). — Blessures multiples des deux membres inférieurs par éclats d'obus, le 18 juillet. Broiement du genou gauche ayant nécessité l'amputation immédiate de la cuisse; plaies nombreuses de la jambe et du pied droits.

Trois jours après, début de gangrène gazeuse en ce dernier point; écoulement de sanie fétide et roussâtre par les blessures de la jambe droite, avec issue de gaz. Crépitation gazeuse localisée. Le nerf tibial postérieur est sectionné. Les muscles de la jambe sont jaune verdâtre, largement infiltrés de gaz et de liquide œdémateux.

Le blessé refuse de subir l'amputation cependant nécessaire de sa seconde jambe. « Il préfère mourir. » On se contente de nettoyer les plaies. *Le lendemain soir, l'état local et l'état général sont désespérés. L'infection s'aggrave avec rapidité dans le membre inférieur, dont les plaies dégagent une odeur infecte; la crépitation a remonté de la cuisse jusqu'à la paroi abdominale. A ce moment on ne conserve aucun espoir de sauver le blessé*; sa faiblesse extrême, l'extension du processus gazeux, s'opposent à l'amputation.

On pratique une injection intraveineuse de 60^{cm^3} de notre sérum antigangréneux. Le lendemain, le faciès est meilleur. On ne sent plus aucune crépitation. Le pied est redevenu chaud.

Une nouvelle injection intraveineuse de sérum est faite 18 heures après. Le soldat Lav... a parfaitement guéri *et a conservé son membre.*

IV. B..., adjudant (Service du Dr Beaussenat). — Broiement de l'extrémité supérieure du fémur; muscles en bouillie et farcis de fragments osseux. Blessé très choqué, algide, syncopal, « dans un état pitoyable ». Plaie fétide, à bords crépitants. La gravité de la lésion et celle de l'état général sont telles qu'on ne peut songer à une amputation. On résèque l'extrémité supérieure du fémur.

Injection de 60^{cm^3} de sérum le 20 juillet, au matin. Dès le soir, « amélioration extrêmement nette; l'infiltration avait disparu. Le lendemain, tout danger était écarté ».

V. Soldat D... (Service de M. le Dr Beaussenat). — Arrivé à l'hôpital 3 jours après ses blessures. Blessures multiples et graves : 1° du crâne, avec grosse lésion des tables externe et interne, sphacèle de la dure-mère, abcès sous-jacent. Trépanation immédiate; 2° de l'omoplate gauche; 3° du bras gauche avec lésion partielle de l'humérus; 4° de la région lombo-iliaque.

Par cette dernière plaie sortent des gaz et une sérosité putrides. Infiltration gazeuse abondante et crépitation s'étendant aux régions dorsale et fessières, ayant envahi les tissus cellulaires sous-cutané et sous-aponévrotique.

On fait de très larges incisions. Nettoyage et drainage. Aucune amélioration.

Le lendemain, « l'état du blessé est désespéré » (délire, hyperthermie, pouls misérable, etc.). Odeur infecte des plaies.

On fait, le 19 juillet, une injection de 60^{cm^3} de sérum. Le 20 juillet, « l'amélioration est énorme », le délire a cessé; l'infiltration gazeuse a disparu. Crise urinaire. — Guérison.

Aux exemples qui viennent d'être brièvement cités il serait possible d'en adjoindre d'autres, aussi démonstratifs, de l'efficacité du sérum. Chez trois blessés atteints de plaies de la jambe ou de la cuisse, la sérothérapie a permis de conserver le membre. Chez l'un de ces blessés, dont l'état était si grave qu'aucune exérèse ni même aucun débridement n'ont pu être tentés, l'injection de sérum a amené la disparition de l'infection gangréneuse. Le blessé n'a pas été amputé. Il est en voie de guérison.

Les faits ci-dessus permettent d'espérer que l'application en grand de la sérothérapie préventive et curative contre la gangrène gazeuse est appelée, lorsque nous aurons les moyens pratiques de préparer de grandes quantités de sérum, à sauvegarder l'existence d'un grand nombre de blessés et à préserver quelques-uns d'entre eux de l'amputation.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 AOUT 1918.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE ROUX.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des équations différentielles simultanées que vérifie le polynome* $U_{m,n}$ *d'Hermite.* Note de M. **Paul Appell.**

I. Les élégants résultats obtenus récemment par M. Pierre Humbert (¹) ont ramené mon attention sur une question de même nature relative aux équations différentielles du polynome $U_{m,n}$ d'Hermite. Ce polynome, qui est, à un facteur constant près, égal à

$$\frac{\partial^{m+n}(1-x^2-y^2)^{m+n}}{\partial x^m\,\partial y^n},$$

vérifie deux équations différentielles simultanées étudiées par Didon dans son *Étude de certaines fonctions analogues aux fonctions* X_n *de Legendre* (*Annales de l'École Normale supérieure*, t. 5, p. 229). J'ai montré que ces équations se ramènent à celles de la fonction hypergéométrique F_2 et qu'elles peuvent par suite s'intégrer par les formules générales que j'ai données (²) en 1880 dans les *Comptes rendus*, t. 90, p. 296 et 731 (³). Je

(¹) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 759, et t. 167, 1918, p. 18.

(²) Voyez également un Mémoire inséré au *Journal de Mathématiques pures et appliquées* (ancien Journal de Liouville), 3ᵉ série, t. 8, p. 173-216, et l'article de l'édition française de l'*Encyclopédie des Sciences mathématiques : Généralisations diverses des fonctions sphériques*, par MM. Appell et Lambert; Paris, Gauthier-Villars, février 1914.

(³) Ces formules ont été étendues au cas d'un nombre quelconque de variables, par Lauricella (*Rendiconti del Circolo di Palermo*, t. 7, 1893).

demande la permission de revenir sur ce sujet, pour exprimer les intégrales des équations différentielles considérées, sous une forme simple qui les rattache aux fonctions hypergéométriques et aux fonctions sphériques de première et de seconde espèce. On doit à Didon l'intéressante remarque que, si l'on considère les deux équations simultanées

$$(1) \quad \begin{cases} (1-x^2)\dfrac{\partial^2 P}{\partial x^2} - xy\dfrac{\partial^2 P}{\partial x\,\partial y} + 2(q-1)x\dfrac{\partial P}{\partial x} - y\dfrac{\partial P}{\partial y} + 2qP = 0, \\ (1-y^2)\dfrac{\partial^2 P}{\partial y^2} - xy\dfrac{\partial^2 P}{\partial x\,\partial y} + 2(q-1)y\dfrac{\partial P}{\partial y} - x\dfrac{\partial P}{\partial x} + 2qP = 0, \end{cases}$$

dépendant d'un seul entier positif $q = m + n$, les équations simultanées analogues que vérifie le polynome d'Hermite s'obtiennent en posant

$$(2) \qquad U = \frac{\partial^{m+n} P}{\partial x^m\,\partial y^n}.$$

Si donc on connaît quatre solutions linéairement indépendantes P_1, P_2, P_3, P_4 des équations (1), on en déduit, par l'opération (2), les quatre solutions correspondantes U_1, U_2, U_3, U_4 des équations que vérifie la fonction U. L'une de ces solutions, P_1 par exemple, est $(1 - x^2 - y^2)^q$. Didon montre qu'une autre solution P_2 est aussi un polynome et que les deux dernières sont de la forme

$$(3) \quad \begin{cases} P_3 = (1-x^2-y^2)^q \log \dfrac{\sqrt{1-x^2}+y}{\sqrt{1-x^2}-y} + \sqrt{1-x^2}\,\mathfrak{P}_3, \\ P_4 = (1-x^2-y^2)^q \log \dfrac{\sqrt{1-y^2}+x}{\sqrt{1-y^2}-x} + \sqrt{1-y^2}\,\mathfrak{P}_4, \end{cases}$$

où $\mathfrak{P}_3$ et $\mathfrak{P}_4$ désignent des polynomes comme P_1 et P_2, et où les logarithmes sont népériens.

Voici maintenant les expressions de ces solutions par des fonctions hypergéométriques.

Si, dans les équations (1), on fait $x^2 = x'$, $y^2 = y'$, ces équations prennent la forme des équations que vérifie la fonction

$$F_2(\alpha, \beta, \beta', \gamma, \gamma', x', y') = \Sigma \frac{(\alpha, m+n)(\beta, m)(\beta', n)}{(\gamma, m)(\gamma', n)(1, m)(1, n)} x'^m y'^n,$$

la sommation étant étendue aux valeurs entières de m et de n de zéro à

l'infini et (λ, k) désignant la factorielle $\lambda(\lambda+1)\ldots(\lambda+k-1)$, avec $(\lambda, 0)=1$, dans le cas particulier

$$\alpha=-q, \qquad \beta=\beta'=\gamma=\gamma'=\frac{1}{2}.$$

On obtient alors, d'après les formules générales, les quatre intégrales linéairement indépendantes

$$(4)\quad \left\{\begin{array}{l} P_1= \quad F_2\left(\quad -q, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, x^2, y^2\right), \\ P_2=xy\,F_2\left(1-q, 1, 1, \frac{3}{2}, \frac{3}{2}, x^2, y^2\right), \\ P_3=\ y\,F_2\left(\frac{1}{2}-q, \frac{1}{2}, 1, \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, x^2, y^2\right), \\ P_4=\ x\,F_2\left(\frac{1}{2}-q, 1, \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{1}{2}, x^2, y^2\right), \end{array}\right.$$

où P_3 et P_4 sont identiques aux intégrales (3) à des facteurs constants près. Comme le premier élément α est un entier négatif dans P_1 et dans P_2, ces deux solutions sont des polynomes : P_1 est identique à $(1-x^2-y^2)^q$; P_2 est égal au produit de xy par un polynome de degré $q-1$ en x^2 et y^2 : c'est donc, comme P_1, un polynome de degré $2q$ en x et y.

Les équations différentielles du polynome $U_{m,n}$ d'Hermite admettent alors comme solutions les deux fonctions

$$\frac{\partial^{m+n} P_3}{\partial x^m\,\partial y^n}, \quad \frac{\partial^{m+n} P_4}{\partial x^m\,\partial y^n}$$

et les deux polynomes

$$U_{m,n}=\frac{\partial^{m+n} P_1}{\partial x^m\,\partial y^n}, \qquad U'_{m,n}=\frac{\partial^{m+n} P_2}{\partial x^m\,\partial y^n},$$

dont le premier $U_{m,n}$ est un polynome d'Hermite de degré $m+n$ et le second $U'_{m,n}$ un autre polynome de même degré. Si m est pair, $U_{m,n}$ ne contient que des puissances paires de x et $U'_{m,n}$ que des puissances impaires; l'inverse a lieu pour m impair; une remarque analogue relative à l'entier n s'applique à y.

Les polynomes $U_{m,n}$ et $U'_{m,n}$ vérifiant les mêmes équations différentielles, on peut leur appliquer le théorème général que j'ai donné dans ma pre-

mière Note du Tome 90 des *Comptes rendus* (1880). Les intégrales doubles

$$\iint U_{m,n} U_{\mu,\nu} \, dx \, dy, \quad \iint U_{m,n} U'_{\mu,\nu} \, dx \, dy, \quad \iint U'_{m,n} U'_{\mu,\nu} \, dx \, dy,$$

étendues au cercle $1 - x^2 - y^2 \geqq 0$, sont *nulles* quand les degrés des deux polynomes sont différents, $\mu + \nu \gtrless m + n$. On en conclut que le polynome $U'_{m,n}$, où $m + n = q$, peut s'exprimer linéairement en fonction des polynomes d'Hermite de même degré, sous la forme

$$(5) \qquad U'_{m,n} = \alpha_{q,0} U_{q,0} + \alpha_{q-1,1} U_{q-1,1} + \alpha_{q-2,2} U_{q-2,2} + \ldots + \alpha_{0,q} U_{0,q},$$

les $\alpha_{i,j}$ étant des coefficients constants : ces coefficients sont nuls de deux en deux, à cause de la correspondance indiquée plus haut entre les parités des puissances de x et de y dans les U et les U'.

II. *Autre expression du polynome* P_2. — Rappelons la formule générale (*loc. cit.*)

$$\begin{aligned} &F_2(\alpha, \beta, \beta', \gamma, \gamma', x', y') \\ &= (1 - x' - y')^{-\alpha} F_2\left(\alpha, \gamma - \beta, \gamma' - \beta', \gamma, \gamma', \frac{x'}{x' + y' - 1}, \frac{y'}{x' + y' - 1}\right), \end{aligned}$$

et appliquons-la à la fonction qui exprime le polynome P_2, avec $x' = x^2$, $y' = y^2$; nous aurons

$$(6) \qquad P_2 = (1 - x^2 - y^2)^{q-1} xy \, F_2\left(1 - q, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{3}{2}, \xi^2, \eta^2\right)$$

en posant

$$(7) \quad \xi^2 = \frac{x^2}{x^2 + y^2 - 1}, \qquad \eta^2 = \frac{y^2}{x^2 + y^2 - 1}, \qquad (1 - x^2 - y^2)(1 - \xi^2 - \eta^2) = 1.$$

On a ensuite

$$P_2 = -(1 - \xi^2 - \eta^2)^{-q} \xi\eta \, F_2\left(1 - q, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{3}{2}, \xi^2, \eta^2\right).$$

Comme, dans cette fonction F_2, on a $\gamma = \beta + 1$, $\gamma' = \beta' + 1$, il se produit des réductions évidentes, et l'on trouve

$$\begin{aligned} (8) \qquad P_2 &= -(1 - \xi^2 - \eta^2)^{-q} \sum \frac{(1 - q, m + n)}{(1, m)(1, n)} \frac{\xi^{2m+1}}{2m + 1} \frac{\eta^{2n+1}}{2n + 1} \\ &= -(1 - x^2 - y^2) q \int_0^\xi \int_0^\eta (1 - \xi^2 - \eta^2)^{q-1} d\xi \, d\eta. \end{aligned}$$

III. *Expressions de* P_3, P_4 *et des polynomes* $\mathfrak{P}_3$ $\mathfrak{P}_4$. — Tout d'abord les fonctions P_3 et P_4, analogues aux fonctions sphériques de seconde espèce, peuvent être exprimées à l'aide de la fonction hypergéométrique de Gauss. On a en effet, d'après une formule que j'ai donnée dans les *Comptes rendus* (t. 91, 16 août 1880),

$$F_2(\alpha, \beta, \beta', \gamma, \gamma', x', y') = (1-x')^{-\alpha} F_2\left(\alpha, \gamma-\beta, \beta', \gamma, \gamma', -\frac{x'}{1-x'}, \frac{y'}{1-x'}\right).$$

En appliquant cette formule à P_3, avec $x' = x^2$, $y' = y^2$, on a

$$P_3 = y(1-x^2)^{q-\frac{1}{2}} F_2\left(\frac{1}{2}-q, 0, 1, \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, -\frac{x^2}{1-x^2}, \frac{y^2}{1-x^2}\right).$$

Mais, dans cette nouvelle fonction F_2, l'élément β étant nul, tous les termes contenant β en facteur disparaissent et F_2 se réduit à une fonction F de Gauss. On a ainsi

$$(9) \qquad P_3 = (1-x^2)^q \frac{y}{\sqrt{1-x^2}} F\left(\frac{1}{2}-q, 1, \frac{3}{2}, \frac{y^2}{1-x^2}\right);$$

on trouvera de même P_4 en permutant x et y.

L'expression (3) de P_3 donnée par Didon et l'expression (9) sous forme de fonction hypergéométrique étant identiques, à un facteur constant près, on a

$$\begin{aligned}(1-x^2-y^2)^q \log\frac{\sqrt{1-x^2}+y}{\sqrt{1-x^2}-y} &+ \sqrt{1-x^2}\,\mathfrak{P}_3 \\ &\equiv C(1-x^2)^q \frac{y}{\sqrt{1-x^2}} F\left(\frac{1}{2}-q, 1, \frac{3}{2}, \frac{y^2}{1-x^2}\right),\end{aligned}$$

C désignant une constante. On a donc finalement

$$(10) \qquad \begin{aligned}\mathfrak{P}_3 = (1-x^2)^{q-\frac{1}{2}} \Bigg[&\frac{Cy}{\sqrt{1-x^2}} F\left(\frac{1}{2}-q, 1, \frac{3}{2}, \frac{y^2}{1-x^2}\right) \\ &- \left(1-\frac{y^2}{1-x^2}\right)^q \log\frac{\sqrt{1-x^2}+y}{\sqrt{1-x^2}-y}\Bigg],\end{aligned}$$

où la quantité entre crochets ne dépend que du rapport $\frac{y}{\sqrt{1-x^2}}$; la constante C devra être déterminée de façon que ce crochet soit un polynome en $\frac{y}{\sqrt{1-x^2}}$. On trouvera, pour $\mathfrak{P}_4$, une expression analogue, en permutant x et y.

Ces formules montrent que P_3 et $\mathfrak{P}_3$ sont égaux à une puissance de $1 - x^2$ multipliée par une fonction du seul rapport $\frac{y}{\sqrt{1-x^2}}$. On est ainsi conduit à une autre méthode qui simplifie beaucoup le problème, en le ramenant au problème analogue dans le domaine des polynomes de Legendre.

Dans les équations différentielles (1), faisons le changement de variables

$$x = u, \quad y = v\sqrt{1-u^2}; \qquad u = x, \quad v = \frac{y}{\sqrt{1-x^2}};$$

ces équations deviennent

$$(1') \begin{cases} (1-u^2)^2 \dfrac{\partial^2 P}{\partial u^2} + uv(1-u^2)\dfrac{\partial^2 P}{\partial u\,\partial v} \\ \qquad + 2(q-1)u(1-u^2)\dfrac{\partial P}{\partial u} + 2qu^2 v\dfrac{\partial P}{\partial v} + 2q(1-u^2)P = 0, \\ (1-v^2)\dfrac{\partial^2 P}{\partial v^2} - uv(1-u^2)\dfrac{\partial^2 P}{\partial u\,\partial v} \\ \qquad - u(1-u^2)\dfrac{\partial P}{\partial u} + 2(q-1-qu^2)v\dfrac{\partial P}{\partial v} + 2q(1-u^2)P = 0. \end{cases}$$

Si l'on cherche une solution de ces équations de la forme

$$P = (1-u^2)^\lambda \varphi(v),$$

on trouve que la première est vérifiée en prenant $\lambda = q$ et laissant la fonction φ *arbitraire;* la seconde détermine alors φ par l'équation du second ordre

$$(11) \qquad (1-v^2)\frac{d^2\varphi}{dv^2} + 2(q-1)v\frac{d\varphi}{dv} + 2q\varphi = 0,$$

qui joue, dans la théorie des polynomes de Legendre, le même rôle que les équations (1) de Didon dans celle des polynomes d'Hermite : l'équation classique des polynomes $X(v)$ de Legendre de degré q est en effet celle qu'on déduit de l'équation (11) en prenant

$$X = \frac{d^q\varphi}{dv^q}.$$

L'équation (11) admet les deux intégrales linéairement indépendantes

$$(12) \qquad \varphi_1(v) = (1-v^2)^q, \qquad \varphi_2(v) = k(1-v^2)^q \int_0^v \frac{dv}{(1-v^2)^{q+1}},$$

où k désigne une constante. En prenant $\varphi = \varphi_1$, on trouve pour X le polynome de Legendre, à un facteur constant près; en prenant $\varphi = \varphi_2$, on trouve de même, pour X, la fonction sphérique dite de *seconde espèce*. La fonction φ_2 est bien connue : elle peut, par une détermination convenable de k, se mettre sous la forme

$$\varphi_2(v) = (1 - v^2)^q \log \frac{1+v}{1-v} + p(v),$$

$p(v)$ désignant un certain polynome qui ne contient v qu'à des puissances impaires. Revenant alors aux variables primitives x et y, on trouve, pour les équations (1), la solution

$$\begin{aligned} P_3 &= (1 - x^2)^q \varphi_2\left(\frac{y}{\sqrt{1-x^2}}\right) \\ &= (1 - x^2)^q \left[\left(1 - \frac{y^2}{1-x^2}\right)^q \log \frac{\sqrt{1-x^2}+y}{\sqrt{1-x^2}-y} + p\left(\frac{y}{\sqrt{1-x^2}}\right)\right]. \end{aligned}$$

Comparant avec (3), on a pour le polynome $\mathfrak{P}_3$

$$\mathfrak{P}_3 = (1 - x^2)^{q-\frac{1}{2}} p\left(\frac{y}{\sqrt{1-x^2}}\right).$$

Ces résultats s'accordent avec la formule finale donnée par Didon, après de longs calculs, pour l'expression de l'intégrale générale des équations (1).

ASTRONOMIE. — *La Station astronomique du Petit Luxembourg. — Les coordonnées des stations du collége d'Harcourt.* Note de M. G. **Bigourdan.**

L'*hôtel* du Petit Luxembourg, comme son voisin le *palais* du Luxembourg [1], a eu aussi sa station astronomique au XVIIIe siècle. Mais d'abord remontons à l'origine de cet hôtel.

Pour se bâtir un palais, Marie de Médicis acquit, dans la rue de

---

[1] A ce que nous avons déjà dit relativement au rôle astronomique de ce palais, nous ajouterons qu'en raison de sa position, presque exactement sur la méridienne de Paris, on y a plusieurs fois placé des mires qui servaient à contrôler l'immobilité des instruments méridiens de l'Observatoire.

Vaugirard, divers immeubles ([1]), parmi lesquels était l'hôtel de François de Luxembourg, un des fidèles serviteurs de Henri IV; de là vient le nom actuel du palais, bâti de 1615 à 1625, et de tout son quartier. En même temps l'hôtel perdait son nom primitif, pour prendre celui de *Petit Luxembourg* qu'il porte encore, par opposition avec le palais, son voisin à l'Est. Marie de Médicis donna cet hôtel, par acte du 28 juin 1627, au cardinal de Richelieu, son premier aumônier, — comme elle avait donné, en 1621, le terrain sur lequel s'éleva un couvent des Filles du Calvaire, contigu à l'hôtel de Luxembourg, du côté de l'Ouest : ce couvent a subsisté jusqu'à la Révolution, et une partie de ses bâtiments existent encore.

Le Petit Luxembourg, situé sur le côté Sud de la rue de Vaugirard (aujourd'hui n° 17), avait ainsi à l'Est le palais, dont il était séparé par un bâtiment plus petit, et à l'Ouest le couvent. Malgré diverses modifications, il a toujours été composé comme aujourd'hui de deux ailes, réunies sur la rue par une mince façade, percée d'un haut portail à colonnes, et qui, au premier étage, fait communiquer les deux ailes. Les *communs* (écuries, cuisines, etc.) étaient situés en face, de l'autre côté de la rue, et reliés à l'hôtel par un passage souterrain qui existe encore.

Après avoir habité le Petit Luxembourg, Richelieu le donna à sa nièce, la duchesse d'Aiguillon (1639), et c'est chez elle que Pascal ([2]) exposa, en 1652, sa machine arithmétique et ses expériences d'hydrostatique.

Dans la suite cet hôtel passa par héritage au prince de Bourbon-Condé et porta quelque temps le nom d'*hôtel du Petit Bourbon;* il fut loué successivement à divers personnages, et notamment, de 1766 à 1778, au comte de Mercy-Argenteau ([3]), ambassadeur impérial à Paris : c'est alors qu'il y fut fait diverses observations astronomiques.

Voici comment s'exprime J_3. Bernoulli (*L. Astr.*, p. 163-4) sous la date du 6 juin 1769 :

([1]) A. Hustin, *Le palais du Luxembourg*. Paris, 1904.

Id. *Le Luxembourg. Son histoire domaniale, architecturale, décorative et anecdotique.* Paris, 1910, 1911; 2 vol. dont le premier va des origines à 1611 et le second de 1611 à 1911.

([2]) Voir Œuvres de Blaise Pascal, éd. de *L. Brunschvicg* et *P. Boutroux*, t. 1, p. 10, note 1.

([3]) Florimond-Claude de Mercy-Argenteau (Liége, 1727 avril 20 ou 26; — † Londres, 1794 août 25) remplit cette charge d'ambassadeur sous la fin du règne de Louis XV

Une autre personne de grande distinction qui montre pour l'Astronomie pratique un goût bien décidé, c'est M. le Comte DE MERCY, Ambassadeur de l'Empereur et de l'Impératrice-Reine; je ne doute pas que cette science n'aît un jour à cet aimable et digne Seigneur de grandes obligations; il n'y a pas longtems qu'il la cultive; il y découvre tous les jours de nouvelles beautés et il témoigne par de grandes dépenses qu'il rend justice à ses attraits. M. le Comte DE MERCY entretient pour l'aider un jeune Astronome qui est un élève de M. DE LA LANDE; il a fait faire chés M. LE PAUTE deux belles pendules astronomiques: il a un petit instrument des passages et une bonne lunette achromatique de la dernière invention, avec un micrometre objectif : la lunette est montée sur un axe assés long dont le bout inférieur se meut et s'arrête à volonté sur un arc de cercle de déclinaison, au moyen de quoi on peut donner à la lunette un mouvement parallatique pour différentes latitudes. A l'aide de ces instrumens, de quelques autres de moindre prix et d'un quart de cercle qu'a prêté M. DE LA LANDE en attendant qu'un autre, que je crois commandé depuis assés longtems, soit fini, il s'est déjà fait plusieurs bonnes observations au *petit Luxembourg* où M. l'Ambassadeur demeure. Il n'y a pas là précisément un emplacement auquel on puisse donner le nom d'observatoire, mais heureusement on a un horizon assés libre sous la grande porte d'une des pièces du rez de chaussée qui donnent sur le jardin; il y a de plus sur une petite partie de l'hôtel une plate-forme dont on fait usage quelquefois.

Les goûts astronomiques du comte de Mercy paraissent avoir été ignorés de ses meilleurs biographes (¹); et ses achats d'instruments pourraient être considérés comme fantaisies somptueuses de grand seigneur, qui suit la mode du temps pour rehausser son rôle politique, d'ailleurs prépondérant à la Cour de France. Même on peut douter que tous les instruments qu'indique J_3. Bernoulli aient été réellement construits (²).

---

et durant tout le règne de Louis XVI, à partir de juin 1766; il joua un important rôle politique dans le maintien du *Système* ou alliance austro-française. Voir :

A. D'ARNETH et A. GEFFROY, *Correspondance secrète entre Marie-Thérèse et le comte Mercy-Argenteau*.... Paris, 1874, 3 vol. in-4°.

A. D'ARNETH et J. FLAMMERMONT, *Correspondance secrète du comte Mercy-Argenteau avec l'empereur Joseph II et le prince de Kaunitz*. Paris, 2 vol. in-4°, 1889, 1891.

(¹) Par exemple, d'Eug. Duchesne dans la *Biographie nationale* (belge), t. XIV, col. 462-495, 1897; de d'Arneth et Flammermont, loc. cit. : *Introduction*, 1891, et du comte de Pimodan : *Le comte F.-C. de Mercy-Argenteau, ambassadeur impérial à Paris sous Louis XV et sous Louis XVI*. Paris, 1911, in-8°.

(²) En 1773, son astronome observait avec une lunette prêtée, accidentellement il est vrai, par Cassini III (*Mém. Acad.*, 1773, H. 57, M. 168).

Quant à l'astronome qui les utilisait, il était au moins autant l'élève de Cassini IV et de Le Monnier que de Lalande; c'était en effet Jean-Guillaume *Wallot*, né en 1743, à Pauers (Palatinat), et qui accompagna Cassini IV en 1768, dans son voyage pour l'épreuve des montres marines. Il est principalement connu par les observations solsticiales qu'il effectuait, sous la direction de Le Monnier, au gnomon de Saint-Sulpice, pour déterminer la variation de l'obliquité de l'écliptique. Commencées en 1772, ces observations furent continuées par Wallot jusqu'à sa mort (Lal., *Bibl.*, 754); les premières donnèrent lieu à un travail paru en 1775 dans les *Mémoires de Physique* de l'Académie de Manheim, t. III, où Wallot expose une *Méthode directe de démêler, par la comparaison des observations solsticiales faites à un gnomon, l'effet de la variation de l'obliquité de l'écliptique d'avec celui d'un dérangement supposé dans le style du même gnomon.*

Les registres de l'Observatoire (D. 4, 20-24) contiennent des observations inédites de Wallot faites depuis 1778 jusqu'à l'époque de l'établissement du nouveau régime en 1785; et en 1783 Cassini IV le proposait au Ministre pour la place de « Concierge » de l'Observatoire; mais comme il n'était pas membre de l'Académie, la place fut donnée à Méchain (1).

Je n'ai pu retrouver les « bonnes observations » qui d'après Bernoulli auraient été faites avant 1769 au Petit Luxembourg. D'ailleurs les observations solsticiales de Wallot nous sont également inconnues, à part celles de 1772 et de 1773, dont mention se trouve dans un registre manuscrit de Le Monnier (C. 4, 13). Condamné par le tribunal révolutionnaire, Wallot (2) mourut sur l'échafaud le jour même de l'arrestation de Robespierre (9 thermidor an II = 1794 juillet 27).

Coordonnées. — Nous ignorons où étaient la *plate-forme* et la *grande porte* dont parle Bernoulli. Au rez-de-chaussée on devait être gêné par le

(1) C. Wolf, *Histoire de l'Observatoire de Paris de sa fondation à 1793*. Paris, in-8° de *xij*-392 pages, avec frontispice et 15 pl., p. 46. (Abrév. : W., *H. Obs.*)

Nous aurons à citer aussi du même auteur :

C. Wolf, *Recherches historiques sur les étalons des poids et mesures de l'Observatoire et les appareils qui ont servi à les construire.* Paris, 1882, in-4° de 78 p. (Extrait des *Annales de l'Observatoire de Paris : Mémoires*, t. XVII). (Abrév. : W., *Rech.*)

(2) On trouve mention de divers autres travaux de Wallot dans *Mém. Acad.*, 1762, H. 128, M. 263, 267; — 1772_1, H. 112; — 1773, H. 57, M. 67, 168; — 1776, H. 52; — 1777, H. 3; — 1779, H. 43; — *Phil. Trans.*, 1784 (pass. ☿ de 1782).

voisinage du palais, des arbres, ... ce qui sans doute obligeait à déplacer souvent les instruments. Aussi nous donnerons comme coordonnées *approchées* de la station celles du milieu de la face Sud de l'aile gauche, et qui sont, d'après le plan de Paris à 2^{mm} par mètre : $38^m,2$ O et $1405^m,5$ N; de sorte que

$$\Delta \mathfrak{L} = 1'',87 = 0^s,125\ \mathrm{O}, \qquad \Delta\varphi = +0'45'',51, \qquad \varphi = +48°50'56'',51.$$

Le rôle astronomique du Petit Luxembourg, assez effacé comme l'on voit, prit fin au moins en 1778, avec le départ du comte Mercy. Loué ensuite au comte de Provence, qui l'habita jusqu'à la Révolution, il fut alors confisqué comme bien d'émigré et fut occupé par le Directoire, par la Commission exécutive de l'Instruction publique ([1]), puis devint l'hôtel des Consuls; ensuite il fut quelque temps habité par Laplace, grand chancelier.

En 1814 il fut rendu au prince de Condé, en vertu de la loi sur les biens non vendus des émigrés, puis acheté par Charles X en 1825; d'ailleurs, depuis 1815, il était affecté au président de la Chambre des pairs, et dans la suite il a presque toujours été l'hôtel du président du Sénat. Sous le second Empire on a réuni à l'aile droite ce qui restait du couvent des Filles du Calvaire; l'ancien cloître forme maintenant une belle serre. De cette époque aussi date l'arrangement extérieur, tel qu'il existe aujourd'hui.

Dans l'aile gauche du Petit Luxembourg ([2]), il a existé jusqu'en 1900 une méridienne dont l'origine, qui paraît assez lointaine, remonte peut-être au temps du comte Mercy, époque où l'on avait multiplié ces instruments aussi utiles que simples. Elle était placée à la fenêtre la plus orientale de la face Sud et ne pouvait être bien stable, car, avec sa courbe de temps moyen, elle était marquée sur un simple parquet, au moyen de clous de cuivre. Son gnomon était formé par une ouverture pratiquée dans une plaque de métal, supportée à l'extérieur par une potence qui rappelait celle des cadrans solaires.

([1]) Le Bureau des Longitudes, convoqué par cette Commission, y tint sa première séance le 18 messidor an III (6 juillet 1795).

([2]) D'après une obligeante communication verbale de M. Deruaz, architecte de l'hôtel.

Coordonnées des stations astronomiques du collége d'Harcourt.

Pour la station voisine de la tour de Pascal, faute d'indications suffisantes nous prendrons celles de la tour elle-même.

Pour la station du Nord du collége, le registre C. 4, 4 dit :

Le 12 juin 1738 j'ai trouvé, par la Trig. rectiligne avec des pinnules, la dist. de ma fenêtre à la Sorbonne, de 105 toises et la différence de latitude 61 toises $\frac{2}{3}$.

On ne voit pas de mon balcon la Sorbonne, et la ligne méridienne fait un angle de 5^d à 4^d avec la ligne AB ci-dessous.

J'ai mesuré depuis l'aplomb (A) au-dessous de ma fenêtre méridionale jusqu'à $\frac{2}{3}$ ou $\frac{1}{2}$ de la cour du Collége (AB) 11 toises juste; — ayant élevé une perpendiculaire (BC) qui rasoit le côté septentrional de la porte du Collége, j'ai trouvé jusqu'au mur oriental de la rue (BC) 35 toises moins un pied; — j'ai élevé à cette ligne une perpendiculaire (CD) qui était parallèle à la 1re ligne mesurée (AB), et j'ai mesuré le long de cette 3e perpendiculaire (CD) $16^T\,3^{pi}\,\frac{1}{2}$; — il faut remarquer qu'à $16^T\,3^{pi}\,\frac{1}{2}$ se trouve la perpendiculaire abaissée du centre de la Sorbonne sur le côté oriental de la rue de la Harpe. — Enfin depuis le mur oriental de la rue de la Harpe jusqu'à la porte (E) de l'église de la Sorbonne j'ai trouvé (DE =) 51 toises juste.

Il compte d'ailleurs, depuis la porte E de la Sorbonne jusqu'au centre F (projection du sommet du dôme), $12^T\,2^{pi}\,\frac{1}{2}$.

En appelant d la rencontre de AB avec ED prolongés, dans le triangle AdF, rectangle en d, Le Monnier obtient :

$$d\mathrm{AF} = 64^\circ 19', \qquad \mathrm{AF}d = 15^\circ 41', \qquad \mathrm{AF} = 102^T\,2^{pi}\,\tfrac{1}{4}.$$

Quant à l'orientation de AF, il l'indique ainsi :

$\mathrm{FA}d = 64^d\,19'$... qu'il faut diminuer d'environ 5 degrés [que fait AB avec le méridien] et il restera $59^d\frac{1}{2}$ à $60^d\frac{1}{2}$: le plan de Delisle donne $61^d\frac{1}{2}$; pour 60^d on aurait 51^T pour la différence sur la méridienne.

En outre, à deux reprises, le 12 juin 1738 et le 6-7 octobre 1739 (C. 4, 4, p. 1), Le Monnier détermina les coordonnées de la Sorbonne par rapport à l'Observatoire royal. Mais pour ces coordonnées nous donnerons la préférence à d'autres valeurs. La liste T_2 (n° 121) qui est sensiblement d'accord

avec T_1 et avec Verniquet donne :

$$251^{T},2\ (= 489^{m},60)\ \mathrm{E} \qquad \text{et} \qquad 668^{T},5\ (= 1341^{m},91)\ \mathrm{N}.$$

D'autre part, la triangulation de Paris, d'accord avec le cadastre, donne :

$$490^{m},16\ \mathrm{E} \qquad \text{et} \qquad 1344^{m},28\ \mathrm{N};$$

ce sont ces derniers nombres que nous adopterons.

Pour passer de là au balcon, j'ai utilisé divers plans partiels figurant le collége, les rues environnantes, ... conservés aux archives du plan de Paris, et qui parfois sont à très grande échelle $(\frac{1}{144})$: ces plans partiels, convenablement repérés et réduits, ont été portés sur le plan à $\frac{1}{500}$ en même temps que les lignes mesurées par Le Monnier. Ainsi on a mené

$$\mathrm{F}d = 98^{T}\,1^{pi}\,\tfrac{1}{3} = 191^{m},44,$$

perpendiculairement à la façade du collége sur la rue de la Harpe, puis

$$d\mathrm{A}' = 27^{T}\,3^{pi}\,\tfrac{1}{2} = 53\ \ ,76,$$

ce qui place le point A′ à $2^{m},8$ du bâtiment Nord de la cour du collége. Comme il s'agit d'une fenêtre *méridionale*, elle doit être dans ce bâtiment même, et si les nombres ci-dessus n'y conduisent pas rigoureusement, cela peut tenir à diverses raisons : le *côté oriental* de la rue de la Harpe n'était pas rectiligne sur toute la longueur du collége; — la face intérieure du bâtiment qui longeait la rue n'était pas bien parallèle à l'autre, côté oriental de la rue; — d'ailleurs les angles de Le Monnier ne paraissent pas avoir été mesurés avec beaucoup de précision. Dans ces conditions, un écart de 2^{m} à 3^{m} est bien possible et nous admettrons que le point A se trouvait sur la face méridionale du bâtiment nord et sur la perpendiculaire dA′, point dont les coordonnées, par rapport à la Sorbonne, sont : $159^{m},6$ O et $120^{m},2$ N.

Quant à la tour de Pascal, reportée sur le même plan, elle a son centre exactement sur le méridien du point A, tel qu'il a été déterminé ci-dessus, et à $36^{m},6$ au nord de la Sorbonne.

Pour ces deux points, nous avons donc finalement les coordonnées suivantes :

	$\Delta\mathcal{L}$.	$\Delta\varphi$.	φ.
T. de Pascal.	$490^{m},2 - 159^{m},6$ ou	$1344^{m},3 + 120,2$ N ou $44'',71$	$+48°50'55'',71$
Station Nord.	$0'16'',22 = 0^{m}\,1^{s},081$ E	$1344^{m},3 + 36^{m},6$ N ou $47,42$	$+48°50'58'',62$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la formation du coke.*
Note de MM. **Georges Charpy** et **Marcel Godchot.**

Dans une Note antérieure [1], nous avons décrit une méthode de laboratoire permettant d'étudier les conditions de formation du coke et indiqué les résultats d'expériences conduisant à conclure que les conditions les plus favorables pour l'obtention d'un coke résistant correspondaient à des traitements thermiques différents pour les diverses qualités de charbon. La détermination du traitement thermique le plus avantageux permet déjà d'étendre d'une façon appréciable la série des charbons à coke. Dans une nouvelle série de recherches, nous avons appliqué notre méthode à l'étude d'autres moyens d'amélioration du coke; nous avons examiné en particulier le procédé souvent employé en pratique et qui consiste à cokéfier des mélanges de charbons de qualités différentes.

Quand on soumet à la cuisson, dans des conditions identiques, des mélanges en proportions variables de deux charbons, l'un trop maigre, l'autre trop riche en matières volatiles, on constate que la résistance du coke obtenu varie d'une façon continue et passe par un maximum pour une certaine composition, de part et d'autre de laquelle on observe en général de rapides variations. Nous citerons, à titre d'exemple, les résultats obtenus en opérant sur des mélanges d'un charbon de Brassac, contenant seulement 11 pour 100 de matières volatiles et ne s'agglomérant en aucune façon lorsqu'il était cuit isolément, avec un charbon anglais de Durham, contenant 24 pour 100 de matières volatiles et donnant un coke boursouflé et très friable. Après cuisson à la température de 700° (reconnue la plus favorable d'après quelques essais préliminaires), la résistance du coke obtenu ne devient appréciable que lorsque la proportion de charbon anglais dépasse 20 pour 100, atteint 24^{kg} par centimètre carré pour le mélange à 25 pour 100, 45^{kg} pour le mélange à 44 pour 100, 80^{kg} pour le mélange à 51 pour 100 et retombe à 0 pour le mélange à 56 pour 100 de charbon anglais. Cette variation rapide fait ressortir combien il est important de déterminer exactement la composition la plus favorable, si l'on veut profiter des avantages que permet d'obtenir le mélange des charbons.

---

[1] *Sur les conditions de formation du coke* (*Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 106).

La considération des teneurs en matières volatiles du mélange, sur laquelle on s'appuie le plus souvent, est loin de donner les mêmes indications que l'expérience directe; on constate en effet que le maximum de résistance correspond à des teneurs en matières volatiles assez variables avec les différents charbons.

Par exemple, avec le mélange cité plus haut, le maximum de résistance correspond à une teneur en matières volatiles de 19,60 pour 100. Avec un autre mélange de deux charbons anglais (Durham et Cardiff), le maximum obtenu a été de 70^{kg} pour une teneur en matières volatiles de 16 pour 100 seulement; pour ces derniers charbons, le mélange à 19 pour 100 de matières volatiles avait une résistance pratiquement nulle. L'étude préalable et systématique des mélanges réalisables avec les charbons dont on dispose permet donc d'obtenir une amélioration considérable de la qualité du coke.

Au lieu de chercher à améliorer un charbon trop maigre par mélange avec un autre charbon, on peut l'additionner directement de matières volatiles provenant d'une distillation antérieure sous forme de brai et de goudron. L'amélioration est alors très accentuée. Par exemple, le charbon de Brassac à 11 pour 100 de matières volatiles cité plus haut, additionné de quantités croissantes de brai, donne un coke bien aggloméré dès que la teneur en matières volatiles dépasse 14 pour 100 et dont la résistance croît graduellement et atteint 130^{kg} pour une teneur en matières volatiles de 28,8 pour 100, au delà de laquelle la résistance décroît.

Les résultats obtenus avec des additions de goudron liquide sont de même nature; avec le charbon de Brassac, la concordance est presque complète et l'on obtient encore un maximum de 130^{kg} environ après addition d'une quantité de goudron portant à près de 30 pour 100 la teneur en matières volatiles. Mais il n'en est pas toujours ainsi et, dans plusieurs cas, nous avons observé que l'action du goudron était plus accentuée que celle du brai, toutes choses égales d'ailleurs. Notons encore que les teneurs en matière volatile correspondant au maximum de résistance ne sont pas les mêmes suivant qu'on opère par addition de charbon riche ou bien de brai ou de goudron.

Enfin nous nous sommes proposé de rechercher si les charbons qui, contenant une proportion élevée de matières volatiles, donnent un coke très boursouflé et friable pouvaient être améliorés par une distillation partielle à basse température. Après divers essais préalables nous avons adopté pour cette distillation la température de 450°. En maintenant le charbon pendant un temps plus ou moins long à cette température, on diminue gra-

duellement sa teneur en matières volatiles. Il se prépare un gaz riche en formène et un goudron très liquide.

Le Tableau suivant donne les résultats obtenus sur un charbon de Durham contenant 28,1 pour 100 de matières volatiles, soumis à une distillation préalable plus ou moins prolongée à 450°, puis ensuite à la cokéfaction à 700°.

Distillation préalable à 450°.		
Durée du chauffage.	Teneur restante en matières volatiles.	Résistance du coke obtenu par chauffage à 700°.
min 0	28,1	Coke boursouflé très friable
30	23,5	»
60	22,2	»
90	21,4	»
105	20,02	40kg, 44kg, 39kg (moyenne, 41kg)
120	18,12	106kg, 92kg, 95kg (» 97kg,6)
150	16,59	25kg, 23kg, 28kg (» 25kg,3)
165	14,84	Coke pulvérulent

Ainsi, ce charbon complètement inutilisable à l'état naturel permet d'obtenir un coke de qualité normale quand on lui a retiré, par une distillation préalable à 450°, un peu plus du tiers de ses matières volatiles. Notons en passant que ce résultat assez inattendu est difficilement conciliable avec les théories qui font dépendre le pouvoir cokéfiant de la présence de certaines substances de nature cellulosique; il en est de même, d'ailleurs, des résultats obtenus par addition de brai ou de goudron.

On voit par ce qui précède, et sans qu'il soit besoin de multiplier les exemples, quelles améliorations considérables on peut espérer dans la qualité du coke en procédant à une recherche préalable et systématique des conditions les plus favorables dans chaque cas particulier, recherche pour luquelle nous avons indiqué une méthode facile à appliquer en peu de temps et à peu de frais.

CORRESPONDANCE.

M. **Frédéric Sy** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'unicité du développement d'une fonction en série de polynomes de Legendre.* Note (¹) de M. **Michel Plancherel.**

M. Ch. de la Vallée Poussin a obtenu sur l'unicité du développement trigonométrique des résultats d'une grande importance qu'il a indiqués dans une Note (²) et développés dans le n° 11 (novembre 1912) du *Bulletin* (classe des sciences) *de l'Académie royale de Belgique.* Il m'a paru intéressant de dégager de la méthode de M. de la Vallée Poussin, spéciale aux fonctions trigonométriques, une méthode applicable aux séries de polynomes de Legendre, aux séries de fonctions de Bessel et de Sturm-Liouville. Je me bornerai à indiquer ici les résultats que j'ai obtenus pour les séries de polynomes de Legendre; les résultats analogues obtenus pour les autres développements seront exposés dans un Mémoire ultérieur qui contiendra la démonstration des résultats de cette Note.

Le point de départ de la méthode de M. de la Vallée Poussin est le fait suivant : Si la fonction $f(x)$, continue dans l'intervalle $a \leqq x \leqq b$, possède en chaque point *intérieur* de cet intervalle une dérivée seconde généralisée supérieure

$$\lim_{h=0} \text{sup.} \frac{f(x+h)+f(x-h)-2f(x)}{h^2}$$

positive et non nulle, alors, dans cet intervalle, tout arc de la courbe $y=f(x)$ est situé au-dessous de sa corde.

Pour trouver, dans le cas des séries de polynomes de Legendre, un point de départ analogue, il est nécessaire de se reporter à la méthode que j'ai exposée (³), pour aborder et résoudre dans une large mesure le problème

(¹) Séance du 19 août 1918.

(²) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 951.

(³) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 897; *Annales de l'École Normale*, t. 31, 1914.

d'unicité relatif à ces séries. Cette méthode, qui me semble la transposition la plus naturelle de la méthode de Riemann pour les séries trigonométriques, repose sur l'emploi du paramètre généralisé du second ordre dont je rappelle la définition.

Soit $F(\vartheta, \Phi)$ une fonction continue du point (ϑ, Φ) sur la sphère-unité. Soit C une circonférence de centre sphérique (ϑ, Φ) et de rayon sphérique h. Nous désignerons par $\Delta_2(\vartheta, \Phi; h)$ la différence entre la valeur moyenne de F sur la circonférence C et la valeur de F au centre (ϑ, Φ) de celle-ci. En désignant par dl' l'élément d'arc au point (ϑ', Φ') du cercle C et par

$$l = \int_C dl' = 2\pi \sin h$$

le périmètre de C, nous aurons donc

$$\Delta_2 F(\vartheta, \Phi; h) = \int_C F(\vartheta', \Phi')\, dl' - F(\vartheta, \Phi).$$

Nous appellerons *paramètre généralisé inférieur* (*supérieur*) *du second ordre* de $F(\vartheta, \Phi)$ la plus petite (la plus grande) des limites pour $h = 0$ du quotient $\Delta_2 F(\vartheta, \Phi; h) : \sin^2 \frac{h}{2}$. Si les paramètres généralisés inférieur et supérieur sont égaux, leur valeur commune est dite le *paramètre généralisé* tout court.

En particulier, lorsque $F(\vartheta, \Phi)$ possède en un point une différentielle seconde, le paramètre généralisé se réduit à l'expression

$$\Delta_2 F(\vartheta, \Phi) = \frac{1}{\sin \vartheta} \frac{\partial}{\partial \vartheta}\left(\sin \vartheta \frac{\partial F}{\partial \vartheta}\right) + \frac{1}{\sin^2 \vartheta} \frac{\partial^2 F}{\partial \Phi^2}.$$

Faisons correspondre à toute fonction $f(x)$ de l'intervalle $(-1, +1)$ la fonction $F(\vartheta) = f(\cos \vartheta)$ par la substitution $x = \cos \vartheta$, et étudions $F(\vartheta)$ comme une fonction du point (ϑ, Φ) sur la sphère unité (constante sur chaque méridien). Nous pouvons alors, sur la sphère, former les paramètres généralisés supérieur et inférieur de $F(\vartheta)$ pour toute valeur ϑ de l'intervalle $0 \leqq \vartheta \leqq \pi$. En particulier, si en un point *intérieur* de l'intervalle $(-1, +1)$ $f''(x)$ existe, le paramètre généralisé de $F(\vartheta)$ au point ϑ correspondant se réduit à

$$\Delta^2 F(\vartheta) = \frac{1}{\sin \vartheta} \frac{\partial}{\partial \vartheta}\left(\sin \vartheta \frac{\partial F}{\partial \vartheta}\right) = \frac{d}{dx}\left[(1 - x^2) \frac{\partial f}{dx}\right].$$

Remarquons maintenant que les cordes qui figurent dans l'énoncé du théorème de M. de la Vallée Poussin indiqué plus haut ne sont autre chose que les solutions régulières de l'équation $\frac{d^2y}{dx^2} = 0$ passant par les extrémités des arcs de la courbe $y = f(x)$. Or le premier membre y'' de cette équation est à la dérivée seconde généralisée de y ce que $\Delta^2 F$ est au paramètre généralisé du second ordre de $F(\vartheta)$. Nous sommes ainsi amené naturellement à introduire les courbes solutions régulières de l'équation $\Delta^2 F(\vartheta) = 0$ et à voir si le rôle géométrique des cordes peut être joué par elles. Pour bien marquer l'analogie, nous appellerons *corde harmonique* d'un arc de courbe $y = F(\vartheta)$, $\alpha \leqq \vartheta \leqq \beta$, $(0 < \alpha < \beta < \pi)$ la courbe $y = G(\vartheta)$ solution régulière de l'équation $\Delta_2 G(\vartheta) = 0$, qui a les mêmes extrémités que l'arc de courbe donnée $F(\alpha) = G(\alpha)$, $F(\beta) = G(\beta)$. Notre point de départ sera, par suite, le théorème :

« Si une fonction $F(\vartheta)$, continue dans un intervalle $\alpha \leqq \vartheta \leqq \beta$, $(0 < \alpha < \beta < \pi)$, possède en chaque point *intérieur* de cet intervalle un paramètre généralisé supérieur du second ordre *positif et non nul*, alors, dans cet intervalle, tout arc de courbe $y = F(\vartheta)$ est situé au-dessous de sa corde harmonique. »

Ce théorème, dont la démonstration est aisée, une fois démontré, la marche suivie par M. de la Vallée Poussin se laisse transposer sans difficultés de nature fondamentale. Pour énoncer en peu de mots les résultats obtenus, nous dirons qu'une série $\sum_0^\infty a_n P_n(x)$ de polynomes de Legendre possède une fonction *génératrice* $f(x)$, s'il existe une fonction $f(x)$ sommable dans l'intervalle $(-1, +1)$ telle que

$$a_n = \frac{2n+1}{2}\int_{-1}^{+1} f(x)\,P_n(x)\,dx \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots).$$

De plus, étant donnée une série quelconque $\sum a_x P_n(x)$, nous représenterons par $\Phi(x)$ la plus petite des deux valeurs

$$\left|\liminf_{n=\infty} \sum_{\nu=1}^{n} a_\nu P_\nu(x)\right|, \qquad \left|\limsup_{n=\infty} \sum_{\nu=1}^{n} a_\nu P_\nu(x)\right|.$$

Les théorèmes obtenus peuvent alors s'énoncer comme suit :

I. *Étant donnée une suite quelconque de constantes a_n telles que* $\lim_{n=\infty} \frac{a_n}{n} = 0$,

il suffit, pour que la série $\sum_{n=0}^{\infty} a_n P_n(x)$ *possède une fonction génératrice, que* $\Phi(x)$ *soit finie en tout point intérieur de l'intervalle* $(-1, +1)$ *et sommable dans cet intervalle.*

II. *Étant donnée une suite quelconque de constantes* a_n *telles que* $\lim_{n=\infty} \frac{a_n}{\sqrt{n}} = 0$, *il suffit, pour que la série* $\sum_{n=0}^{\infty} a_n P_n(x)$ *possède une fonction génératrice, que l'ensemble des points de l'intervalle* $(-1, +1)$ *où* $\Phi(x)$ *est infinie ne contienne pas de sous-ensemble parfait et que* $\Phi(x)$ *soit sommable dans cet intervalle.*

On sait déjà, d'ailleurs, que deux fonctions génératrices donnant naissance à la même série de Legendre ne peuvent différer que sur un ensemble de mesure nulle.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le calcul de l'énergie accumulée dans le Soleil lors de sa formation par contraction.* Note de M. **Auric.**

Dans ses *Leçons sur les hypothèses cosmogoniques* (p. 201) Poincaré a refait le calcul d'Helmholtz au sujet de la provision d'énergie que le Soleil a pu emmagasiner lors de sa formation par contraction.

En admettant pour la densité du Soleil δ une fonction de la distance r au centre de la forme

$$\delta = a r^{-\alpha},$$

a et α étant deux constantes positives, il trouve aisément pour la masse totale M du Soleil de rayon R

$$4\pi a \frac{R^{3-\alpha}}{3-\alpha}$$

et, pour l'énergie totale emmagasinée W,

$$W = \frac{3-\alpha}{5-2\alpha} \frac{M^2}{R}.$$

Poincaré n'a pas remarqué que cette dernière expression devient infinie

pour $\alpha = \frac{5}{2}$, valeur acceptable pour le calcul de la masse totale, laquelle ne devient infinie que pour $\alpha = 3$.

Cette simple remarque semble donc établir rigoureusement que, pour une certaine loi de densité,

$$\rho = a r^{-\frac{5}{2}} \quad \text{ou} \quad \rho^2 r^5 = a^2,$$

l'énergie emmagasinée dans le Soleil peut dépasser toute valeur donnée *a priori* et ainsi disparaîtrait l'objection relative à l'insuffisance d'énergie de cet astre pour faire face à son rayonnement pendant les longues périodes géologiques.

THERMODYNAMIQUE. — *Le principe de l'équivalence est-il une conséquence du principe de Carnot?* Note de M. C. **Raveau**.

I. Dans un Mémoire du plus haut intérêt [1], sir Joseph Larmor affirme que l'équivalence du travail et de la chaleur est une conséquence du principe de Carnot. L'importance de la question, l'autorité de l'illustre savant anglais imposent un examen approfondi des bases sur lesquelles repose cette assertion. Cette étude conduit à distinguer dans le travail de sir Joseph Larmor deux parties bien différentes; tout d'abord l'établissement de deux formules qui se déduisent du principe de Carnot, ensuite un raisonnement basé sur une conception de la chaleur certainement bien différente des idées classiques.

II. Les deux formules font connaître une expression nouvelle de l'aire d'un cycle de Carnot. On peut en donner la démonstration suivante, dont la simplicité sera difficilement dépassée [2].

Du second principe résulte immédiatement que les rapports des deux quantités de chaleur Q_1, Q_2 mises en jeu à l'aire W_{12} d'un cycle de Carnot sont deux fonctions des températures des sources. D'où l'on tire d'abord la

---

(1) *On the Nature of Heat as Directly Deductible from the Postulate of Carnot* (*Proc. Roy. Soc.*, vol. 94, p. 326-339, et *Revue générale des Sciences*, n° 10, p. 295-301).

(2) Cette démonstration évite une difficulté qui avait conduit sir Joseph Larmor à rejeter, comme insuffisamment rigoureux, un raisonnement très peu différent.

définition des températures absolues T_1, T_2. Passant au cas de deux températures infiniment voisines, on conclut d'autre part que le quotient de dW_{12} par Q_1 (ou Q_2) est la différentielle d'une fonction absolue de la température. On a le droit d'écrire cette différentielle $\varepsilon \frac{d\theta}{T}$, ε étant une constante. θ est une nouvelle fonction absolue de la température; c'est celle que j'ai appelée *seconde température absolue* (¹). On peut écrire alors

$$dW_{12} = \varepsilon \frac{Q_1}{T_1} d\theta = \varepsilon \frac{Q_2}{T_2} d\theta,$$

et, pour un cycle fini,

$$\frac{W_{12}}{\theta_1 - \theta_2} = \varepsilon \frac{Q_1}{T_1} = \varepsilon \frac{Q_2}{T_2}.$$

Cette relation équivaut aux deux formules que sir Joseph Larmor a écrites dans des notations différentes (il représente les quantités de chaleur par H_1, H_2 et la température vulgaire par θ) :

$$\frac{W_{12}}{\psi(\theta_1) - \psi(\theta_2)} = \frac{H_1}{g(\theta_1)} = \frac{H_2}{g(\theta_2)},$$

$$W_{12} = H_1 \frac{\psi(\theta_1)}{g(\theta_1)} = H_2 \frac{\psi(\theta_2)}{g(\theta_2)}.$$

III. Pour arriver à la proposition finale, sir Joseph Larmor raisonne ainsi (je souligne quelques mots) :

« Dans ces formules abstraites, les *échelles de mesure de la chaleur* et de la température n'ont été en aucune façon spécifiées. Désormais, pour la mesure des quantités de chaleur, arrêtons notre choix sur une nouvelle substance calorimétrique idéale dont la *chaleur spécifique varie*, en fonction de la température, *suivant une loi* qui diffère de la précédente par le facteur $\frac{\psi(\theta)}{g(\theta)}$. Alors le rapport du travail produit à la chaleur dépensée dans un cycle de grandeur finie deviendra égal à l'unité, $\psi(\theta)$ remplaçant $g(\theta)$ dans les formules finales. Le choix du corps calorimétrique établira donc une équivalence quantitative entre le travail produit et la chaleur dépensée. Finalement, nous sommes clairement invités à choisir la fonction restante $\psi(\theta)$ comme la mesure normale de la température étalon Θ, de sorte que, pour tout intervalle fini de

(¹) C. Raveau, *Thermodynamique basée entièrement sur le principe de Carnot. Seconde température absolue* (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 20).

température, la formule du moteur de Carnot deviendra

$$\frac{H_1}{\Theta_1} = \frac{H_2}{\Theta_2} = \frac{W_{12}}{\Theta_1 - \Theta_2}. \text{»}$$

Ainsi sir Joseph Larmor considère comme conséquence du principe de Carnot ces deux affirmations : 1° *dans les phénomènes réversibles, on peut mesurer la chaleur de telle façon* (1) qu'il y ait équivalence entre la chaleur et le travail; 2° *la chaleur étant ainsi mesurée*, les deux fonctions de la température qui figurent dans une première expression de l'aire du cycle de Carnot sont en réalité identiques.

IV. Dans ce raisonnement, il est clair que sir Joseph Larmor parle un langage qui lui est propre. Les physiciens ne connaissent pas d'échelle de mesure de la chaleur basée sur la loi de variation de la chaleur spécifique d'une substance. Ils ne considèrent qu'une unité de chaleur, liée à une transformation bien déterminée du corps calorimétrique (fusion de la glace, échauffement de l'eau de 14°,5 à 15°,5, etc.). Le principe de la calorimétrie est l'égalité, absolue et par définition, de la chaleur cédée à la chaleur reçue à l'intérieur d'une enceinte adiabatique. Le rapport des deux quantités de chaleur attachées à deux transformations déterminées est, comme le rapport de deux longueurs ou de deux masses déterminées, un nombre abstrait qui ne saurait avoir qu'une valeur.

Tant que la calorimétrie n'aura pas été réédifiée sur des bases entièrement nouvelles, nous devrons nous tenir à ces deux affirmations : l'équivalent mécanique de la chaleur, mesuré sur un cycle réversible infiniment petit, ne dépend que de la température; son expression, en fonction des deux températures absolues, est $\varepsilon \frac{d\theta}{dT}$.

CAPILLARITÉ. — *Influence du rayon de courbure des corps sur la formation du givre.* Note (2) de M. G. **Reboul**, transmise par M. G. Lippmann.

L'influence de la direction du vent sur la formation du givre est bien connue : le dépôt se produit généralement sur les parties des objets qui

(1) Les deux membres de phrases soulignés ici ont été ajoutés en anglais par sir Joseph Larmor à un texte que je lui avais soumis.

(2) Séance du 19 août 1918.

font face au vent et les petits cristaux de glace qui le forment sont orientés du côté d'où vient le vent. Lorsque par suite de remous, par exemple derrière un obstacle, le vent change de direction, l'orientation des cristaux est également changée. L'apport, par convection, de gouttelettes d'eau en surfusion joue donc un rôle essentiel dans le phénomène.

Quand on examine plus attentivement les dépôts de givre, on constate qu'ils s'amorcent en général sur les parties des objets dont le rayon de courbure est le plus faible : bords des feuilles, pointes, arêtes, brindilles, etc.

Une expérience fort simple permet de mettre facilement en évidence cette influence du rayon de courbure sur la formation des cristaux de glace : six fils de diamètre différent sont disposés verticalement dans un cadre en bois, qui s'oriente de manière à faire toujours face au vent; ces fils sont à une distance d'environ 5^{cm} l'un de l'autre. Lorsque les circonstances atmosphériques sont convenables, il suffit de mesurer en fonction du temps l'épaisseur du dépôt formé sur la partie des fils qui est maintenue face au vent.

Expérience du 1er février 1918.

Diamètre du fil en millimètres.	Épaisseur du dépôt en millimètres après une exposition de			
	15 minutes.	1 heure.	3 heures.	20 heures.
0,5....	très petite, difficile à mesurer	1	4	25
0,75...	0	0,5	3	25
1......	0	difficile à mesurer	2	25
3......	0	0	1	22
4......	0	0	0,5	22
8......	0	0	0	20

Le dépôt de givre se produit donc, au début, d'autant plus vite que le rayon de courbure est plus petit. Naturellement, à mesure que le dépôt augmente, l'action du rayon intervient de moins en moins, puisque c'est sur les cristaux déjà formés que se produit le nouveau dépôt; au bout d'un temps suffisant le dépôt est aussi épais sur les gros fils que sur les petits.

L'influence bien connue des poussières sur la cristallisation des liquides sursaturés se rattache sans doute à l'effet précédent. Je signale également l'analogie étroite qu'il y a entre l'expérience décrite plus haut et celles

que j'ai faites en 1913 ([1]) pour montrer l'influence des rayons de courbure sur les vitesses d'actions chimiques des gaz sur les solides : l'ensemble de ces faits paraissant se rattacher aux phénomènes capillaires.

ACOUSTIQUE. — *Sur la propagation du son du canon à grande distance. Périodicité annuelle.* Note de M. **Maurice Collignon**, présentée par M. Bigourdan.

Il a été établi, en 1916 et 1917 ([2]), que le son du canon s'entend à plus de 250^{km} de distance; mais on a peu étudié les conditions dans lesquelles varie cette audition.

Trois années d'observations (1915-1917) que j'ai faites à Louviers (Eure), à 25^{m} d'altitude, à 130^{km} du front de Lassigny, à 170^{km} d'Arras et de Saint-Quentin, m'ont permis de constater que cette audition présente une double périodicité, savoir : une *périodicité annuelle* et une *périodicité journalière* ou diurne.

Je donne ici, jusqu'au milieu de mai 1917, les résultats relatifs à la périodicité annuelle, qui consiste en ce qu'elle se produit uniquement du commencement de mai au commencement de septembre. Le reste de l'année, il y a silence presque complet ([3]).

Mes observations sont résumées dans le Tableau suivant où j'ai groupé les jours d'après leur similitude, c'est-à-dire, autant que possible, d'après la force de l'audition, d'après la direction et la force du vent.

Voici d'abord comment ont été faites les observations et comment les moyennes ont été conclues :

J'ai employé deux valeurs :

1° *Le nombre* N *de détonations* entendues en une minute;

([1]) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1376.

([2]) Voir par exemple G. Bigourdan, *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 162, 965; t. 163, 1916, p. 78, 323; t. 165, 1917, p. 170.

([3]) Je dois faire exception pour la période du 3 au 9 mars 1917, exception unique en quatre années de guerre, par la durée et l'intensité du phénomène. En mars 1918, j'ai entendu le canon rarement et faiblement, malgré la grande offensive allemande des 21 mars et jours suivants.

2° *L'intensité-minute* I, c'est-à-dire le total des intensités de toutes les détonations entendues en une minute.

Pour obtenir cette seconde valeur I, j'ai inscrit l'intensité de chaque détonation depuis une fraction d'unité jusqu'à dix unités à l'aide d'un graphique que m'a indiqué M. Bigourdan et j'ai fait le total de toutes les intensités inscrites en une minute.

Les moyennes-minute du Tableau pour une seule journée sont établies en prenant la moyenne générale de toutes les moyennes-minute calculées pour les diverses périodes d'observation de la journée. Même calcul pour la moyenne générale de plusieurs jours groupés ensemble.

Abréviations du Tableau :

J, nombre des jours groupés, pendant lesquels ont été faites les observations;
M, nombre de minutes d'observation;
N, nombre de coups par minute } 1° minima-minute;
I, total des intensités par minute } 2° maxima-minute; 3° moyennes-minute.

La force du vent est indiquée par les nombres entre parenthèses ( ).

Dates.		J.	M.	Nombre et intensité-minute. Min. N.	Min. I.	Max. N.	Max. I.	Moy. N.	Moy. I.	Vents et remarques.
1915. Juin	23-28	4		6		68		29		S-SW (1).
	29-Juill. 4	4		0		10		4,1		NW-N-W (1).
Juill.	7-12	3		14		70		35		W.
	14	1		0		70		39		W ¼ SW.
	16-30	7		0		50		17		S-NW-SW.
Août	1-4	4		1		50		13		SW.
1916. Avril	26-Mai 1	6		0		0				
Mai	2-5	2		0		60				SW-S.
	7-19	11		0		25		0,21	0,53	SW-N-NE.
	21-22	2	62	0		54	238	14	46	NE-NW.
	23-29	7	105	0		5				SW-S.
	30	1		5	20	80	230	23		
Juin	1	1		22	55	130	500	56	225	WSW (1)-W (2).
	2-8	7	86	0		33	142	8,6	15	WSW-W.
	13-20	7	177	0		35	60	1,3	2,4	N-NE-NNW.
	21-26	6	73	0		60	170	20	35	N ¼ NW-SW.
	27-30	4	66	0		63	295	53	76	NW-N-WSW-SW.
Juill.	1-5	5	163	0		82	250	13,5	33,5	W-SW-N ¼ NW-S.
	6-7	2	53	0		68	200	16	42	SW-W.
	8-10	3	28	0		80	430	45	190	SW.

Dates.	J.	M.	Nombre et intensité-minute. Min. N.	Min. I.	Max. N.	Max. I.	Moy. N.	Moy. I.	Vents et remarques.
Juill. 11-14	4	105	0		16	42	2,9	8,1	WNW-NW-W.
15-17	3	106	0		14	29	0,46	0,76	SE (1)-W ¼NW (1).
18-31	14	547	0		44	90	0,81	1,26	NE-E.
Août 1-8	8	264	0		5	6	0,09	0,17	NE-N ¼NE.
9-12	4	149	0		6	6	0,18	0,43	SW (1)-S (1)-NE (1)-NNW.
13-17	5	306	0		33	63	3,2	7,1	WSW (1)-W (1)-SW (4-2-3).
18-31	13	507	0		32	71	0,74	0,81	NW-W¼NW-W-WSW-SW-WSW.
Sept. 1-11	10	278	0		7	5	0,26	0,22	WSW-SW-N-NE.
12	1	47						0,5	NW (1); faible bourdonnement.
13-Oct. 28	43	1008	0		2	2	0,002	0,002	2 déton. le 24 sept., 1 le 1er oct.
Oct. 29	1	51	0		50	10			SW (6-3).
30-Déc. 20	13	151	0		0		0		
Déc. 24	1	10	32	5	72	20	53	10	W ¼NW.
29-31	2	16	0		0		0		SW (1)-W (2).
1917. Janv. 1-22	2	39	1	1	53	88	25	18	SE (1)-NE (1).
23-Mars 2	8	77	0		14	3	0,85	0,25	NE-N.
Mars 4	1	30	57	82	134	362	83	227	W (1).
5	1		18	10	250	1200	152	453	SW (3).
6-9	4	65	0	0	108	213	40	77	S (1-2)-ENE (4)-N-N ¼NW (2).
10-11	2	67	0	0	1	1	0,04	0,04	S (2-1).
12-Avril 21	31	452	0	0	0	0			
Avril 22-23	2	71	0	0	86	55	11	7,2	NE-N ¼NE (2-3).
24-26	3	69	0	0	0	0			NNE (2)-N (3).
27	1	26	0	0	64	30	18	9	NNW (1).
28-29	2	63	0	0	0	0			NNW (1)-WSW (1).
30	1	27	0	0	5	1	0,47	0,1	W (1).
Mai 1-4	4	125	0	0	0	0			N-NE-E ¼NE-SE-ESE.
5-10	6	144	0	0	35	49	3,94	3,33	S-E-S ¼SE-W.
11	1	34	0	0	14	12	1,9	1,8	SW (1).
12-16	5	144	0	0	44	39	2	1,4	WSW-SW-S-SSW-N-NW.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Appareil de mesure de la perte à la cheminée et des éléments constitutifs de cette perte.* Note (1) de M. **Marcel Chopin**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La perte de chaleur à la cheminée constitue en général la cause la plus importante de diminution de rendement des installations thermiques. Nous nous sommes proposé d'établir des appareils donnant simultanément la

(1) Séance du 29 juillet 1918.

valeur de la température, de la teneur en acide carbonique dans les fumées et de la perte résultante à la cheminée.

On sait que si l'on désigne par P la perte à la cheminée en pour 100 du pouvoir calorifique du combustible, par T_1 et T_2 les températures respectives de l'air à l'entrée dans le foyer et des fumées à la sortie des organes récepteurs, par A la teneur des fumées en CO^2, ces différents facteurs sont liés par la relation

$$P = K\frac{T_2 - T_1}{A}, \tag{1}$$

K étant un coefficient de proportionnalité.

Cette formule est pratiquement applicable à la combustion de la houille dans un excès d'air.

Dans ces appareils nous représentons la température et la teneur en CO^2 par deux courants électriques dont les intensités dépendent de ces variables, et nous obtenons la perte à la cheminée en effectuant suivant la formule (1) le quotient de ces deux courants. La représentation électrique de la teneur en CO^2 est obtenue de la façon suivante :

Lorsqu'on fait barboter un volume constant du gaz à analyser dans un volume également constant d'une solution titrée de soude caustique, il se produit un mélange de soude et de carbonate de soude dont les proportions relatives dépendent de la teneur en CO^2. D'autre part, la résistivité électrique d'une solution de carbonate de soude est trois fois plus élevée environ que la résistivité de la solution de soude caustique dont elle est issue. Il suffit donc de comparer la résistance électrique de la solution avant et après absorption du gaz carbonique pour en déduire la teneur de ce gaz dans l'échantillon examiné. Cette méthode est évidemment applicable à d'autres déterminations analytiques où le réactif employé subit un changement sensible de résistivité électrique par absorption de l'élément analysé.

La figure 1 représente schématiquement l'un de ces appareils. A est l'instrument de mesures électriques comprenant un pyromètre B donnant en 1 la valeur de la température, et un ampèremètre à cadre mobile C donnant en 2 la teneur en CO^2. Le quotient des deux courants est obtenu suivant un dispositif connu en rapportant le croisement des deux aiguilles à des courbes 3 d'égale perte à la cheminée. Le récipient D sert successivement : 1° à la mesure d'un volume constant de solution titrée de soude prélevée dans le vase E; 2° au barbotage dans cette solution d'un volume

constant de fumées amenées par le tube J; 3° à la constitution d'une colonne résistante de solution comprise entre les deux électrodes de nickel F et G, faisant partie du circuit électrique de mesure. Avant de faire les mesures on ferme le circuit sur une colonne de soude caustique, et l'on amène l'aiguille au zéro de la graduation de CO^2 en agissant sur la sensibilité de l'ampèremètre muni à cet effet d'un shunt magnétique variable. Après barbotage des gaz on ferme de nouveau le circuit et la déviation de l'ampère-

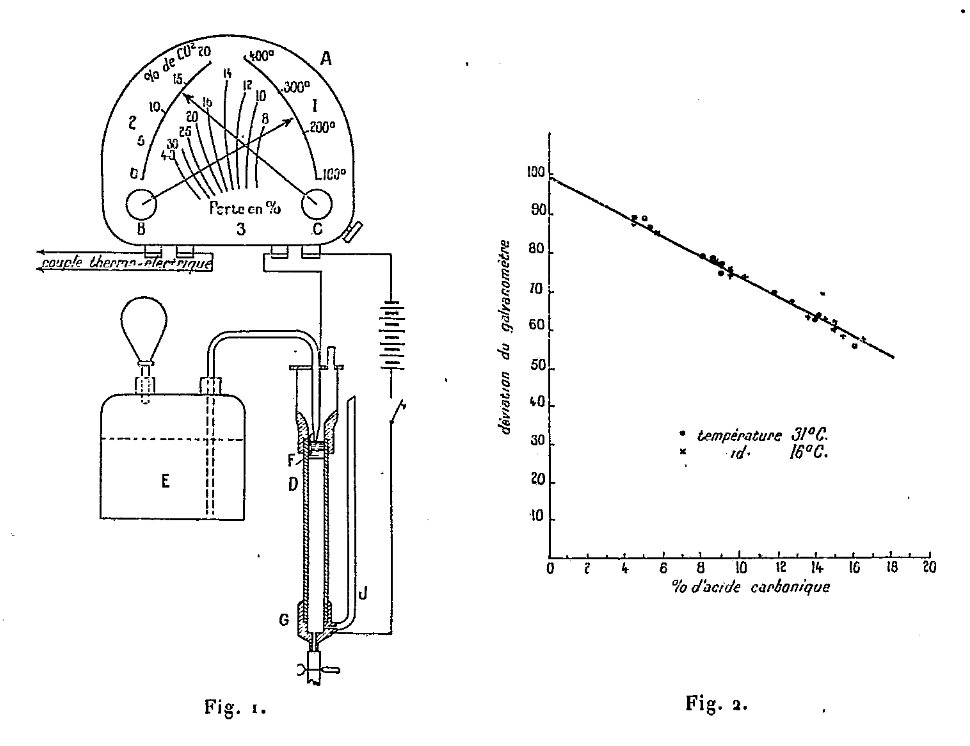


Fig. 1.

Fig. 2.

mètre donne une mesure de la teneur en CO^2. La densité de courant aux électrodes doit être assez élevée pour rendre constante l'influence de la polarisation électrolytique.

La figure 2 représente quelques-uns des essais effectués avec cet appareil : en abscisses on a porté la teneur en CO^2 mesurée à l'aide d'une burette de Bunte; en ordonnées on a porté les déviations correspondantes de l'ampèremètre. Le réactif renfermait 100^g de NaOH par litre d'eau distillée, la colonne résistante avait $8^{mm},5$ de diamètre et 110^{mm} de longueur, le volume de gaz était de 1950^{cm^3} s'écoulant en 170 secondes, la source électrique comprenait 6 piles sèches en série.

On voit que l'exactitude susceptible d'être obtenue est industriellement

très suffisante, et que la simplicité du mode opératoire rend les mesures accessibles à un personnel peu expérimenté.

Nous étudions actuellement, en application des mêmes principes, un appareil automatique donnant une indication continue de la perte à la cheminée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la loi d'action de la sucrase : hypothèse d'une combinaison intermédiaire.* Note de M. **H. Colin** et Mlle **A. Chaudun**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Brown (1), le premier, tenta d'expliquer le mécanisme de l'inversion diastasique du saccharose par l'hypothèse d'une combinaison entre le sucre et l'enzyme; les preuves qu'il en donne ne sont pas absolument péremptoires; aussi la théorie du savant anglais a-t-elle été l'objet de vives critiques.

Cependant, l'ensemble des faits, tel qu'il résulte d'une étude systématique de la question, semble bien justifier la conception de Brown.

Supposons, en effet, que la sucrase s'unisse transitoirement au saccharose, la vitesse de combinaison étant infiniment grande relativement à la vitesse de décomposition. On en déduit immédiatement les conclusions suivantes :

I. *Si le saccharose est en excès par rapport à l'enzyme*, le poids x de sucre hydrolysé au temps t sera indépendant de la concentration initiale en saccharose, a, et proportionnel à la quantité de diastase, n; de plus, conformément à la loi d'action de masse, la vitesse d'inversion, d'abord constante, devra décroître dès que l'excès de saccharose aura disparu, et, à partir de ce moment, le quotient $\frac{\frac{dx}{dt}}{a-x}$ ne variera plus.

L'expérience se montre parfaitement d'accord avec la théorie :

1° La teneur en sucrase, n, étant fixe, x est indépendant de la concentration en saccharose, a. (Conditions de l'expérience : $n = 4^{cm^3}$ pour 100; a, variable; température = 22°.)

(1) A. Brown, *Enzyme Action* (*Journ. of Chem. Soc.*, avril 1902, p. 373-388).

Temps en quarts d'heure.	Poids de sucre hydrolysé.		
	$a = 12^g$ p. 100.	$a = 16^g$ p. 100.	$a = 20^g$ p. 100.
1	1,107 g	1,107 g	1,107 g
2	2,214	2,214	2,195
4	4,409	4,405	4,390
6	6,138	6,136	6,138

2° La concentration en saccharose, a, restant la même, x est proportionnel à la quantité de sucrase, n (¹). (Conditions de l'expérience : $a = 4^g$ pour 100; n, variable; température = 16°.)

Temps en quarts d'heure.	Poids de sucre hydrolysé.				
	$n = 1^{cm^3}$ p. 100.	$n = 2^{cm^3}$ p. 100.	$n = 3^{cm^3}$ p. 100.	$n = 4^{cm^3}$ p. 100.	$n = 5^{cm^3}$ p. 100.
1	0,137 g	0,308 g	0,452 g	0,632 g	0,744 g
2	0,275	0,595	0,904	1,226	1,440
5	0,695	1,534	2,107	2,663	3,035
8	1,108	»	2,912	3,437	3,751
10	1,382	2,734	3,311	3,600	3,810

3° La vitesse d'hydrolyse, d'abord constante, décroît ensuite et le rapport $\frac{\frac{dx}{dt}}{a-x}$ conserve alors une valeur fixe. (Conditions de l'expérience : $a = 10^g$ pour 100; $n = 5^{cm^3}$ pour 100; température = 24°,5.)

Temps en quarts d'heure.	x.	Vitesse moyenne.	$\frac{\frac{dx}{dt}}{a-x}$.
1	1,358 g	1,358	0,145
2	2,716	1,358	0,156
3	4,077	1,361	0,172
5	6,410	0,980	0,204
8	8,488	0,449	0,234
14	9,742	0,068	0,254
16	9,860	0,058	0,253
18	9,919	0,029	0,254

(¹) Les divergences qu'on observe lorsque le poids de sucre hydrolysé atteint une certaine valeur, sont attribuables à l'influence des produits de la réaction.

II. *Si, au contraire, l'enzyme est en excès par rapport au saccharose*, le poids x de sucre hydrolysé au temps t sera proportionnel à la concentration initiale en saccharose, a, et indépendant de la quantité de sucrase, n; enfin, la vitesse, constamment décroissante, sera telle que le quotient $\frac{\frac{dx}{dt}}{a-x}$ conserve la même valeur pendant toute la durée de l'inversion.

C'est ce que l'expérience permet de vérifier :

1° La teneur en sucrase, n, étant fixe, x est proportionnel à la concentration en saccharose, a. (Conditions de l'expérience : $n = 5^{cm^3}$ pour 100; a, variable; température = 22°.)

Temps en quarts d'heure.	Poids de sucre hydrolysé.			
	$a = 0^g,5$ p. 100.	$a = 1^g$ p. 100.	$a = 1^g,5$ p. 100.	$a = 2^g$ p. 100.
	g	g	g	g
1	0,206	0,413	0,613	0,827
2	0,319	0,651	1,010	1,310
5	0,465	0,920	1,380	1,840

2° La concentration en saccharose, a, restant la même, x est indépendant de la quantité de sucrase, n. (Conditions de l'expérience : $a = 0^g,4$ pour 100; n, variable; température, 25°.)

Temps en quarts d'heure.	Poids de sucre hydrolysé.			
	$n = 2^{cm^3},5$ p. 100.	$n = 5^{cm^3}$ p. 100.	$n = 7^{cm^3},5$ p. 100.	$n = 10^{cm^3}$ p. 100.
	g	g	g	g
1	0,203	0,211	0,218	0,218
3	0,344	0,353	0,353	0,344
5	0,379	0,380	0,379	0,379

3° La vitesse d'hydrolyse, constamment décroissante, est telle que le rapport $\frac{\frac{dx}{dt}}{a-x}$ conserve une valeur fixe. (Conditions de l'expérience : $a = 1^g$ pour 100; $n = 5^{cm^3}$ pour 100; température, 22°.)

Temps en quarts d'heure.	x.	Vitesse moyenne $\frac{\Delta x}{\Delta t}$.	Valeur du rapport $\frac{\frac{dt}{dx}}{a-x}$.
1	0,413 g	0,413	0,531
3	0,789	0,138	0,529
5	0,920	0,066	0,528
11	0,994	0,008	0,529

L'hypothèse de Brown permet donc d'interpréter toutes les particularités de l'inversion du saccharose par le sucrase : *suivant que le rapport* $\frac{a}{n}$ *des concentrations du sucre et de l'enzyme est inférieur ou supérieur à* $\frac{a_1}{n_1}$, a_1 étant le poids de saccharose susceptible de se combiner à la quantité n_1 de sucrase, *la réaction s'effectue ou non d'après la loi logarithmique;* dans le premier cas, la vitesse d'hydrolyse est indépendante de n et proportionnelle à a; dans le second, elle est indépendante de a et proportionnelle à n.

GÉOLOGIE. — *Sur les minerais de fer du Menez-Bel-Air* (*Côtes-du-Nord*). Note de M. F. **Kerforne**, présentée par M. Pierre Termier.

Sur les flancs du Menez-Bel-Air (Trébry, Collinée, Saint-Jacut-du-Menez, Langourla, etc.), on trouve un certain nombre d'exploitations anciennes de minerai de fer et de nombreux gisements de scories catalanes, indiquant l'existence à une certaine époque d'une activité considérable, minière et sidérurgique, dans la région.

Leur étude permet de classer les gisements de minerai en deux groupes :

Les uns sont associés à des schistes sériciteux avec quartzites, rapportés partie au Dévonien, partie à l'Algonquien, et s'alignent suivant une direction précise, d'abord NO-SE, puis sensiblement O-E, comme les schistes. Ils paraissent donc se rapporter à une couche interstratifiée.

Les autres n'ont pas de direction précise; ils sont associés à des glaises brunes ou jaunâtres; on ne trouve pas de schistes parmi leurs débris, mais des fragments de quartz plus ou moins roulés, et, mais plus rarement, des morceaux de grès à plantes. Ils paraissent être superficiels et appartenir au début du Tertiaire.

Sur mes indications, la Compagnie métallurgique et minière Franco-Marocaine a institué des recherches sur le premier groupe de gisements; en voici les résultats :

Aux Porées, en Trébry, à la profondeur de 16^m, on a recoupé une couche de minerai de fer interstratifiée dans des schistes verdâtres ou noirâtres, sériciteux, entremêlés de petits bancs quartziteux irréguliers. Elle est puissante de 7^m et constituée par du fer carbonaté, en partie transformé en oxydes. Le carbonate est gris bleuâtre, grenu, cristallin mais non spathique, parsemé quelquefois de petits débris schisteux lui donnant un aspect bréchoïde, et traversé de nombreux et minces filets de sidérite cristallisée.

D'après son faciès et celui des couches encaissantes, je crois devoir rapporter cette couche au Dévonien, tout au moins aux Schistes et Quartzites qui forment le passage du Gothlandien au Dévonien et dans lesquels il est en général si difficile de tracer une limite précise ($d^{1a}\, s^4$ de la feuille *Laval* de la Carte géologique au 80 000e).

Si l'on suit la couche vers le Nord-Ouest, on voit du reste bientôt les bancs de quartzites du terrain encaissant augmenter graduellement de puissance et, tout près des anciennes exploitations du Vallain, ils contiennent de nombreux anneaux d'encrines comme certains bancs de grès dévonien des régions voisines.

Ces couches sont la continuation vers l'Est de celles de Gouarec, et les schistes, jusqu'au massif granulitique de Langast-Saint-Gouesno, seraient non pas algonquiens mais dévoniens, peut-être aussi gothlandiens en partie. A l'approche du massif ils sont fortement métamorphisés, et transformés en micaschistes avec amphibolites.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la loi de Curie.* Note (1) de M. Carlo Viola.

Imaginons-nous tout d'abord, comme l'a fait Curie (2), un cristal tenu dans la solution saturée de laquelle il s'est formé. Il y subit une déforma-

(1) Séance du 5 août 1918.

(2) P. Curie, *Sur la formation des cristaux et sur les constantes capillaires de leurs faces* (*Bull. Soc. minéralogique de France*, t. 8, 1885, p. 145). — H. Hilton, *Mathematical Crystallographie*, etc. (Oxford, 1903, p. 105). — C. Viola, *Sulle leggi*

tion continue en se dissolvant dans certaines directions et en s'accroissant dans d'autres : il atteint l'équilibre stable aussitôt que la tension superficielle totale entre lui et la solution devient minima. Supposons que le cristal à examiner soit limité par n faces, à savoir 1, 2, 3, ..., n, dont les aires soient respectivement $s_1, s_2, s_3, \ldots, s_n$, les constantes capillaires $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots, \alpha_n$, et les distances normales d'un centre O, pris dans le cristal, $p_1, p_2, p_3, \ldots, p_n$. Avec ces données, la tension superficielle totale du cristal est

$$(1) \qquad E = \alpha_1 s_1 + \alpha_2 s_2 + \alpha_3 s_3 + \ldots + \alpha_n s_n = \Sigma \alpha_r s_r,$$

et son volume

$$(2) \qquad V = \frac{1}{3} \{ p_1 s_1 + p_2 s_2 + p_3 s_3 + \ldots + p_n s_n \} = \frac{1}{3} \Sigma p_r s_r.$$

Nous pouvons faire varier E et V à notre gré, mais nous pouvons aussi nous arrêter à l'instant où le cristal ne peut ni s'accroître ni décroître. En ce cas, la déformation a uniquement pour résultat de faire varier la tension superficielle; pour l'équilibre, la variation de E est donc zéro. Le problème de l'équilibre est alors résolu avec les deux conditions suivantes :

$$(I) \qquad \partial E = 0, \qquad \partial V = 0,$$

où est incluse, comme on sait, la *loi de Curie*.

Avec un simple développement analytique, on trouve

$$(3) \qquad \partial V = \frac{1}{2} \Sigma p_r \partial s_r.$$

Étant donné, en outre, que la constante capillaire α est l'énergie nécessaire pour augmenter l'aire s de l'unité, l'augmentation d'énergie pour une face et pour la variation δs considérée, sera $\alpha \delta s$. En conséquence de ces considérations, les conditions de l'équilibre se réduisent à

$$(4) \qquad \Sigma \alpha_r \partial s_r = 0, \qquad \Sigma p_r \partial s_r = 0.$$

En introduisant une constante M', qui peut aussi être déterminée ou

---

di Gibbs, Curie, Haüy (*R. Accademia d. Lincei*, 1917; *Rendiconti*, t. 2, p. 401). — P. Gaubert, *Contribution à l'étude de la formation et de l'accroissement des cristaux* (*Bulletin de la Société française de Minér.*, t. 25, 1902, p. 223).

éliminée, les deux conditions d'équilibre se résument dans la suivante :

$$\Sigma(p_r - \alpha_r \mathrm{M}^1)\,\delta s_r = 0. \tag{5}$$

Il est facile à comprendre que toutes les variations δs sont indépendantes entre elles, et que par conséquent toutes, excepté une, peuvent être égales à zéro en un instant quelconque.

Cela étant donné, la condition (5) se divise en autant de relations qu'il y a de faces dans le cristal considéré, n dans notre cas, c'est-à-dire

$$\frac{p_1}{\alpha_1} = \frac{p_2}{\alpha_2} = \frac{p_3}{\alpha_3} = \ldots = \frac{p_n}{\alpha_n} = \mathrm{M}^1. \tag{II}$$

Voilà l'expression mathématique de la loi de Curie. Nous pouvons la définir comme suit : *Les accroissements normaux des faces d'un cristal en équilibre stable sont directement proportionnels à leurs constantes capillaires.*

En connaissant les constantes capillaires de chaque face d'un cristal, la loi de Curie nous donne le moyen de déterminer les distances perpendiculaires des faces d'un centre O, et par suite leurs aires. Elle offre par conséquent la manière de construire la figure du cristal lui-même, et justifie la définition suivante :

La figure d'un cristal satisfaisant à la loi de Curie est une figure normale. Toute autre figure du cristal est *anormale*, elle dépend du manque d'équilibre stable à l'instant de la cristallisation, ou, comme nous dirons plus proprement, du manque de *réversibilité*. Des équations (2) et (II) on tire

$$\mathrm{V} = \frac{1}{3}\mathrm{M}^1 \mathrm{E}_m = \frac{1}{3}\frac{p}{\alpha}\mathrm{E}_m, \tag{6}$$

E_m étant la tension superficielle minima. L'équation (6) indique que *le volume du cristal est, à chaque instant de son accroissement, proportionnel à sa tension superficielle minima.*

On peut apporter une transformation à l'expression (II), en remplaçant les constantes capillaires par la densité des faces. Par densité nous entendons le nombre des atomes, molécules ou groupes de molécules, contenu dans l'unité d'aire superficielle; sans doute la constante capillaire est fonction de cette densité, on peut même affirmer que la constante capillaire est d'autant plus grande, que la densité de la face relative du cristal est plus petite. Si d est la densité d'une face et α sa constante capillaire, on pourra établir

que α est fonction de $\frac{1}{d}$, et comme première approximation faire

$$\alpha = \frac{c}{d}, \tag{7}$$

c représentant une constante. Soient en général $d_1, d_2, d_3, \ldots, d_n$ les densités des faces respectives 1, 2, 3, ..., n, on aura, au lieu de (II), la suivante :

$$p_1 d_1 = p_2 d_2 = p_3 d_3 = \ldots = p_n d_n = \mathrm{M}'', \tag{III}$$

laquelle exprime ce principe simple, à savoir :

Le produit de l'accroissement par la densité des faces d'un cristal en équilibre stable est une constante; ou bien, plus une face est dense, plus elle est développée.

On peut observer que $\sigma = \frac{1}{d}$ est l'aire spécifique de la face, ou bien l'aire contenant l'unité de matière. En faisant cette substitution dans la (III) pour toutes les n faces, nous aurons une quatrième forme, sous laquelle se présente la loi de Curie, c'est-à-dire

$$\frac{p_1}{\sigma_1} = \frac{p_2}{\sigma_2} = \frac{p_3}{\sigma_3} = \ldots = \frac{p_n}{\sigma_n} = \mathrm{M}'''. \tag{IV}$$

En d'autres termes : *Les accroissements normaux sont proportionnels aux aires spécifiques des faces du cristal.*

CHIMIE VÉGÉTALE INDUSTRIELLE. — *Application industrielle de la matière colorante des glumes du Sorgho sucré.* Note (¹) de M. **André Piédallu**, présentée par M. Costantin.

Dans deux Notes que j'ai présentées en décembre 1917, à l'Académie d'Agriculture de France et en janvier 1918 à la Société nationale d'Acclimatation, j'ai signalé rapidement les premiers résultats d'une étude que je fais sur le Sorgho sucré et montré l'importance que peut prendre dans les temps présents une plante productrice de sucre, de papier, de fourrage, de nourriture pour les porcs, de cire, de farine; et dans laquelle j'ai signalé en particulier une matière tinctoriale qui peut être retirée des glumes.

(¹) Séance du 19 août 1918.

Vers 1850, il avait été signalé, dans la tige du Sorgho sucré, un colorant donnant une nuance rouge connue sous le nom de *rouge badois*. A ce moment, ce colorant n'a pas fixé l'attention à cause du succès croissant des couleurs artificielles. D'autre part, son étude au point de vue tinctorial n'avait pas été très poussée et le rouge du Sorgho était tombé dans l'oubli.

Avec la pénurie actuelle des colorants et la tendance générale à utiliser toutes les ressources naturelles, j'ai pensé qu'il était intéressant de reprendre la question.

C'est en novembre dernier, en poursuivant l'étude de la farine de Sorgho sucré, que je fus frappé de la puissance colorante des jus acides ayant servi à hydrolyser l'amidon. J'ai pensé alors à tirer parti de ce colorant en essayant son pouvoir tinctorial sur diverses fibres mordancées ou non.

Les résultats que j'avais alors rapidement obtenus m'avaient paru intéressants. Je les ai repris depuis au point de vue d'une utilisation pratique. C'est cette étude plus détaillée que je présente aujourd'hui.

Les glumes de plusieurs variétés de Sorgho à grains noirs sont noires, coriaces et riches en matière colorante. Cette matière colorante dont je continue l'étude est soluble dans l'eau acidulée, mode d'extraction peu coûteux.

A cet état, elle se fixe directement sur laine, sur soie et sur cuir, sans mordançage préalable. Les différents mordants modifient la couleur et en augmentent la solidité.

Extraction du colorant. — J'ai fait des essais avec des glumes broyées, traitées à l'autoclave à 2^{kg} avec de l'eau distillée contenant 1 pour 100 d'acide sulfurique, pendant une demi-heure. (Il faudrait chauffer plus longtemps si l'on agissait sur une plus grande masse.)

Le jus coloré en rouge orangé est passé rapidement sur une toile, et il est utilisé tel quel en teinture. L'acide chlorhydrique agit de la même façon. Le bisulfate de soude à 2 pour 100 m'a donné également de bons résultats.

Tous mes essais ont été faits avec des solutions sulfuriques.

Essais sur laine et soie. — 1° *Colorant naturel.* — Le jus acide teint directement la laine et la soie à l'ébullition en donnant une belle couleur saumon.

On peut obtenir une très belle gamme de teintes par des mordançages et des virages dont voici la technique.

2° *Mordant d'alumine.* — La laine est bouillie pendant une demi-heure avec une solution à 20 pour 100 d'alun et 10 pour 100 de bitartrate de potasse.

La soie est mordancée à froid avec une solution concentrée d'acétate d'alumine en 24 heures.

La teinture se fait à l'ébullition. Les teintes obtenues sont plus ou moins orangées, pouvant virer au vieux rose plus ou moins violacé suivant l'acidité du bain.

La laine traitée préalablement à la chaux et rincée à l'eau chlorhydrique, puis mordancée et teinte comme précédemment, se colore en rouge feu foncé tirant sur la teinte garance.

3° *Mordant d'étain.* — La soie et la laine sont mordancées de la même manière, à l'ébullition, avec une dissolution de bichlorure d'étain et de bitartrate de potasse. Les teintes obtenues sont amarante et cramoisi si le bain ne contient pas d'acide nitrique libre. Dans ce cas, elles virent à l'orangé vif, plus ou moins foncé.

4° *Mordant de chrome.* — La laine est mordancée au bouillon pendant trois quarts d'heure avec une solution à 5 pour 100 de bichromate de soude et 10 pour 100 de bitartrate de potasse, jusqu'à réduction complète. On la rince et on la conserve humide pour la teinture.

La soie est mordancée dans une solution saturée d'acétate de chrome pendant 24 heures à froid.

Les teintes obtenues sont rouge bordeaux et violet rouge pour la laine, et rouge cuivre sur soie.

5° *Virage au bichromate.* — La laine et la soie, teintes préalablement par le colorant acide, sont additionnées dans le bain de teinture d'une faible quantité de bichromate (2 à 3 pour 100). On continue l'ébullition pendant un quart d'heure environ. Il se fait un virage très net et la couleur tourne au brun chaud, qui peut aller jusqu'au brun jaune.

6° *Virage au fer.* — La laine, teinte préalablement au colorant acide, est virée au pyrolignite de fer, et le bain est sensiblement neutralisé. La nuance obtenue est d'un beau gris. On peut employer d'autres sels de fer.

Le gris sur cuir obtenu de la même manière à froid est particulièrement intéressant; il rappelle le gris perle au sanguin (baies de troène).

Tous ces procédés donnent sensiblement les mêmes nuances sur soie et sur laine. Les teintes sur coton sont un peu différentes. J'y reviendrai.

La solidité est un peu moindre sur soie, ce qui se produit généralement, en particulier pour la cochenille et l'indigo.

Les nuances obtenues sur dissolution d'étain et sur mordant de chrome ou chromatage après teinture sont particulièrement solides. Elles le sont davantage que la moyenne des colorants commerciaux.

On ne peut obtenir des tons violet rouge aussi solides avec aucun autre colorant naturel (orseille, cochenille ammoniacale).

Le mordant d'élection est le bichlorure d'étain qui donne de belles teintes amarante et cramoisi, vives, solides et faciles à obtenir.

La teinture sur mordant de chrome donne également des nuances corsées, bordeaux et violet rouge, d'une bonne solidité.

Le chromatage après teinture donne des nuances brunes rappelant celles du brun d'anthracène (anthragallol), particulièrement solides, et équivalentes comme solidité.

Toutes ces nuances sont solides au lavage. Elles virent un peu au violet sous l'influence des alcalis, mais sans baisser sensiblement de ton. On peut ramener ces teintes avec un acide étendu.

La nuance chromatée après teinture ne subit aucune altération.

Tous ces essais ont été contrôlés par M. Valette, chef du Service des Teintures, aux Gobelins, qui a bien voulu faire de son côté les essais de résistance tels qu'ils se font habituellement à la Manufacture.

En résumé : Il existe dans les glumes du Sorgho sucré, et de plusieurs variétés de Sorgho à glumes noires, une matière colorante qui teint la laine, la soie, les cuirs et le coton.

Les nuances obtenues avec la laine et la soie sont vives et corsées. Elles sont de jolies tonalités, allant : du violet au rouge feu tirant sur le rouge garance (lilas, bordeaux, rose, rouge amarante, saumon); du beige au brun chaud et franc; du gris perle au gris foncé.

Toutes ces teintes sont d'une belle apparence, très franches, et d'une application facile.

Cette matière colorante pourrait sans doute rendre des services dans l'industrie métropolitaine, et être appliquée dans l'art indigène de nos colonies et protectorats africains.

Or ces glumes sont jusqu'ici un déchet inutilisé malgré l'abondance des grains de Sorgho à glumes noires dans certaines régions.

MICROBIOLOGIE. — *Recherches sur la résistance à la chaleur des éléments vivants existant normalement dans les tissus végétaux et animaux.* Note (¹) de M. Galippe, présentée par M. Y. Delage.

Cette question a joué un rôle important dans la discussion qui s'est élevée entre les spontéparistes et les hétérogénistes. Le débat n'est pas encore tranché. Il reposait sur une erreur matérielle accréditée dans les deux camps et soutenue par les savants les plus considérables.

Ceux qui croyaient et c'était le plus grand nombre, qu'aucun germe vivant ne pouvait résister à la température d'ébullition de l'eau et qui, néanmoins, voyaient

(¹) Séance du 19 août 1918.

leurs décoctions se peupler de microrganismes vivants, pensaient avoir fourni la preuve expérimentale de la génération spontanée, puisqu'ils se mettaient en même temps à l'abri des germes de l'air. Il n'en était rien.

Un certain nombre d'expérimentateurs avaient émis l'opinion que les germes des microrganismes pouvaient résister à une température très supérieure à celle de l'ébullition de l'eau. Ils étaient dans le vrai; néanmoins cette opinion ne prévalut point.

On crut avoir définitivement résolu la question par l'application de l'autoclave de Chamberland à la destruction des microrganismes et de leurs spores, et la croyance s'établit universellement qu'une substance organique soumise pendant un quart d'heure à l'action de la vapeur d'eau sous pression et à 115° C. pouvait être considérée comme absolument stérilisée. Ce n'était vrai que pour les substances organiques remplissant certaines conditions. L'objet de ce travail est précisément de démontrer que nous avons vécu longtemps dans une fausse sécurité.

Dans une Communication faite en 1891, à la *Société de Biologie*, j'exposai la méthode dont je me servais depuis plusieurs années pour mes recherches sur le *parasitisme normal*. Comme moyen de contrôle, j'expérimentais sur des fragments de tissus végétaux ou animaux portés à l'autoclave *chauffé à* 120° C. *pendant quarante minutes* et qui étaient traités par les mêmes procédés que les tissus normaux. Partageant l'opinion générale sur l'efficacité absolue au point de vue de la stérilisation de l'autoclave de Chamberland, j'avais été très troublé par des échecs dont l'explication m'échappait. L'appareil vérifié fonctionnait normalement. Ce fut la carotte qui me donna mes premiers insuccès, alors que d'autres légumes, soumis pendant le même temps à l'action de l'autoclave, se montraient stériles. Les fragments de carotte ayant résisté à l'action de l'autoclave fournirent des cultures riches en microrganismes et en champignons microscopiques.

De 1891 à 1894, je fis une série d'expériences portant sur des organes d'animaux. Dans l'interprétation de ces expériences, il faut tenir compte de deux ordres de faits d'une égale importance. Dans la majorité des cas, les organes sur lesquels portaient mes expériences provenaient d'animaux sains venant d'être sacrifiés et avaient été prélevés dans des conditions d'asepsie d'une rigueur non réalisée jusqu'alors. Il en résulte que ni l'action du *parasitisme normal* ni celle de la *microbiose* (ce n'est que plus tard que j'eus la notion de celle-ci) n'avaient eu le temps de s'exercer. Mes insuccès de stérilisation furent tout à fait exceptionnels. En second lieu, faute de matériel suffisant, la durée de mes expériences fut trop courte. Les résultats obtenus n'en sont que plus démonstratifs.

Lorsqu'au contraire mes expériences portaient sur des organes provenant des abattoirs et sur lesquels l'action du *parasitisme normal* et *accidentel* ainsi que celle de la *microbiose* avaient pu se manifester, la stérilisation de ceux-ci, par les méthodes ordinaires, devenait, pour ainsi dire, impossible.

C'est surtout avec le rein et le foie d'animaux en état de gestation ou de lactation, que ces organes, bien que portés pendant 40 minutes à l'autoclave

chauffé à 120°, me donnèrent après ensemencement des résultats positifs. Avec des animaux ne présentant pas ces conditions physiologiques, j'obtins, mais plus rarement, des ensemencements fertiles, avec le rein et le cerveau. D'une façon générale, le rein se montrait plus difficile à stériliser que le foie.

Les organes provenant de fœtus humains, le placenta, la rate, le testicule, prélevés sur des animaux, se montrèrent, au contraire, facilement stérilisables. Dans un cas, le testicule d'un bouc atteint de rage résista à l'action de l'autoclave.

Les expériences faites sur des reins de mouton provenant des abattoirs et soumis par conséquent à de nombreuses causes de pollution, me donnèrent des résultats tout à fait différents. La résistance de ces organes à la stérilisation était proportionnelle à leur degré de colonisation microbienne. J'ai pu insérer des fragments de soufre dans des reins de mouton, le soufre fondait mais l'organe n'était pas stérilisé. Depuis cette époque, j'ai appliqué l'emploi du soufre à la vérification des autoclaves. Dans les conditions où je m'étais placé, je n'ai réalisé la stérilisation du rein de mouton qu'en maintenant cet organe pendant 1 heure dans l'autoclave porté à la température de 140° C.

Mais la durée de mon expérience fut trop courte pour pouvoir en tirer une conclusion absolue.

Ce n'est que longtemps après (1917) que je repris mes recherches et je choisis comme sujet d'expérience les conserves alimentaires. Le principe sur lequel repose la préparation de ces produits est loin d'être rigoureusement exact et les résultats qu'il donne ne sont pas constants. Aucune des conserves sur lesquelles nos expériences ont porté (langue de mouton, de porc, de bœuf, corned-beef, poulet à la gelée, truite saumonée) ne s'est montrée stérile, bien que présentant le meilleur aspect et ayant pu être consommée sans le moindre inconvénient. Elles renfermaient de nombreux microrganismes ainsi que des champignons microscopiques.

La constance des résultats obtenus confirme mes premières recherches sur la résistance à l'action de la chaleur [1] des microrganismes existant dans les tissus végétaux et animaux, de provenance exogène ou endogène. Ils démontrent en outre que la durée de conservation des produits alimentaires, traités par la chaleur, sera d'autant plus longue que ces produits auront été mis à l'abri des causes de pollution et n'auront pas eu le temps d'être colonisés par les microrganismes.

Ces recherches présentent de l'intérêt au point de vue de l'hygiène

(1) La dessiccation, le fumage, la salure ne donnent pas de résultats plus complets que la chaleur.

publique et des intoxications d'origine alimentaire, témoins les accidents provoqués, au Pré-Saint-Gervais, par de la viande bouillie et bien cuite. Elles démontrent également la nécessité d'un contrôle efficace en ce qui regarde l'emploi de la cuisson pour la stérilisation des viandes provenant d'animaux malades (principalement tuberculeux) et destinées à la consommation. Jusqu'à présent l'usage des viandes assainies par ce procédé n'a point provoqué d'accident dûment constaté.

PHYSIQUE BACTÉRIOLOGIQUE. — *Les charges électriques des microbes et leur tension superficielle.* Note [1] de MM. **Pierre Girard** et **René Audubert**, présentée par M. Roux.

Lorsqu'on soumet à un champ électrique des microbes émulsionnés dans un bouillon de culture, de l'eau physiologique ou de l'eau sucrée, on constate qu'ils se déplacent vers l'anode; tout se passe comme si chaque microbe était revêtu d'une couche électrique négative (anions) de densité σ, adhérente à sa paroi, et glissant sous l'action du champ, le long d'une autre couche électrique positive (cathions), de même densité, appartenant au milieu de suspension (théorie d'Helmholtz); la distance d qui sépare les deux couches est de l'ordre des diamètres moléculaires.

L'attention des bactériologistes ne s'est pas portée, jusqu'à présent, sur cette couche double électrique dont dépend cependant une caractéristique physique essentielle dn protoplasma : sa tension superficielle. On sait en effet que, dans l'expression de celle-ci, figurent d'une part le travail des forces de cohésion qui s'exercent dans le cas particulier d'une cellule vivante, entre les micelles du protoplasma, et d'autre part en sens inverse de celui-ci, contrariant ses effets, le travail des forces électriques de la couche double.

Or, les lois si fécondes de l'électrisation de contact qu'a formulées M. Jean Perrin permettent, par le moyen d'ions polyvalents d'un signe opposé au sien propre, de modifier l'état électrique d'une paroi, de diminuer notamment jusqu'à l'annuler la densité des charges qui la revêtent, et corrélativement les effets du travail électrique dans l'expression de la tension superficielle; cette densité diminuant, la cohésion micellaire de la cellule de moins en moins contrariée grandira et, pour une neutralisation exacte des charges, passera par un maximum.

Parmi les ions positifs que les lois de Perrin nous montrent capables de

---

(1) Séance du 19 août 1918.

décharger une paroi revêtue de charges négatives, notre choix s'est porté sur les ions trivalents des sels neutres et non toxiques de lanthane.

Nous avons donc déterminé, pour des microbes de diverses espèces d'abord dans des milieux usuels, puis dans ces mêmes milieux enrichis d'ions La^{+++}, à diverses concentrations, les variations du moment électrique de leur couche double (produit de la densité de charge σ par l'épaisseur d), corrélative de la variation de densité de leur charge.

Si H représente le champ électrique, v la vitesse mesurable du microbe par rapport au liquide, k le coefficient de viscosité, on a, par application de la formule qui définit le coefficient de frottement intérieur, $\sigma d = \frac{vk}{H}$.

Les microbes se comportent comme les grains d'une solution colloïdale. Comme pour ces derniers, les forces électriques agissant dans le sens d'un accroissement de surface sont une cause de dislocation, tandis que les forces de cohésion sont une cause d'agglutination. Une diminution suffisante de la densité σ de leur charge détermine leur agglutination.

Pour le pneumocoque et le charbon un abaissement de σd de 1,22 à $0,45.10^{-6}$ C. G. S. est corrélatif d'une agglutination totale.

Le point remarquable est que celle-ci est réversible. Il est en effet possible de restaurer à la fois l'état électrique de la paroi cellulaire et la dissémination des cellules agglutinées; il suffit, après avoir agité l'agglutinat dans une solution renfermant des ions négatifs tri ou tétravalents (citrate, ferrocyanure), de filtrer, en s'aidant du vide, sur un filtre assez dense pour ne laisser passer que des microbes isolés ([1]). On obtient dans ces conditions une désagglutination parfaite.

Effets biologiques correspondant à un abaissement de la densité de charge : 1° *Hypervégétation.* — Nous sommes parvenus, par des actions compensatrices d'ions de signe opposé, à introduire dans les milieux albumineux que sont les bouillons de culture des sels de lanthane sans déterminer de précipités.

Les microbes cultivés furent : le Shiga, le Pneumocoque, le typhique, le para A, le para B, le charbon asporogène, le Preiz-Nocard, le vibrion septique (en bouillon dilué).

Pour le charbon asporogène une variation de σd de 3,68 à $2,47.10^{-6}$ C. G. S. quintuple exactement la culture. Pour le Preiz-Nocard, la valeur du moment électrique passant de 3,60 à $2,38.10^{-6}$, le poids de la culture est à peu près sextuplé. Une variation analogue quadruple celle du vibrion

([1]) M. E. Pitres a collaboré à ces expériences.

septique. Le vibrion septique étant un anaérobie strict, ce dernier résultat fait écarter l'hypothèse qui ferait jouer aux ions La le rôle d'un catalysateur dans un processus d'oxydation.

2° *Survie de la cellule et résistance aux actions lytiques.* — Une élévation de la concentration en ions La^{+++} dans le milieu et un abaissement plus accusé de la valeur de σd fait disparaître la luxuriance de la végétation; mais la durée de la vie de la cellule, indépendamment de tout processus de reproduction, se trouve considérablement accrue; une variété virulente (312) de pneumocoque vit 4 jours à 10° dans le milieu le plus favorable et 5 à la glacière. Dans ce même milieu lanthané, de façon que le moment σd de la couche double passe de 3,28 à $1{,}95.10^{-6}$ C. G. S., il est encore vivant, après 33 jours à 18°. La cellule, dont le protoplasme s'est condensé, résiste de façon remarquable aux influences lytiques du milieu, notamment aux effets antiseptiques des acides qui s'y forment. Processus de défense, analogue somme toute à la sporulation, mais, c'est ici la cellule tout entière dont le protoplasme condensé fonctionne comme une spore. Au cours de cette survie, la virulence, tout comme dans la spore, reste fixée. Après 23 jours de conservation en bouillon lanthané, le pneumocoque 312 tue la souris aux mêmes doses qu'à l'origine (10^{-4} cm^3).

3° *Effets antiseptiques.* — Une concentration en ions La dans le milieu, telle que la valeur de σd tende vers zéro (tension superficielle maxima), tue la cellule, mais dans des conditions remarquables qui « fixent » son protoplasme et respectent sa toxicité. Nos expériences ont porté sur le Preiz-Nocard, agent de la lymphangite ulcéreuse des chevaux.

L'inoculation sous-cutanée de bacilles vivants provoque *loco læso* (Nicolle, Loiseau, Forgeot) (¹) une eschare humide, lésion imputable à l'endotoxine, accompagnée d'un empâtement qui s'indure puis se résout, réaction locale à la substance fondamentale (protoplasme).

Tués par séjour d'une heure dans l'alcool éther, 10^{cg} de bacilles inoculés sous la peau déterminent seulement un empâtement qui apparaît au bout de 24 heures et, 6 jours après, se résout en un bourbillon. Mais la même dose de microbes tués par séjour de 48 heures dans une solution lanthanée ($\frac{1}{5000}$), provoque *loco læso* des réactions de même nature que celles consécutives à l'inoculation de bacilles vivants. Seulement ce n'est qu'au bout du 10e ou 12e jour qu'apparaît la lésion toxinique (*ulcus*). L'extrême cohésion du protoplasme cellullaire le fait se décoaguler et se liquéfier progressivement et avec une extrême lenteur.

(¹) *Annales de l'Institut Pasteur*, 1911-1912.

Il n'est pas douteux que dans ces divers effets biologiques (hypervégétation, survie cellulaire, action antiseptique), que détermine la présence des sels de lanthane dans le milieu de culture ou d'émulsion, seule intervient la décharge électrique de la paroi des microbes par les ions La^{+++}, car sans changer la concentration de ces ions dans le milieu il suffit, par l'addition d'un nombre un peu supérieur d'ions négatifs trivalents, de neutraliser leur action électrique sur la paroi pour que ces effets biologiques disparaissent du même coup ([1]).

MÉDECINE. — *Sur la mesure de la pression artérielle en clinique.* Note ([2]) de M. R. **Paucot**, présentée par M. Yves Delage.

Remarques critiques. — On distingue des pressions minima ou diastoliques et maxima ou systoliques. Or les premières sont notées au moment des plus amples battements de l'artère, ce qui suppose une pression égale des deux côtés de la paroi, mais qui pourrait aussi bien être la pression systolique; les secondes marquent l'extinction du pouls, soit par absorption de l'onde pulsatile (méthode de Riva-Rocci), soit par écrasement de l'artère sur place; il y a alors nécessairement une surpression variable avec divers facteurs (dimensions, souplesse de l'artère) et qui explique les hautes valeurs trouvées.

Une première remarque s'impose donc : l'interprétation courante dépasse les faits observés.

Observations. — Nous en avons fait une autre en utilisant l'oscillomètre du Professeur Pachon à manchette radiale.

A partir de la pression maxima (Mx) on obtient des oscillations d'amplitude d'abord croissante; puis, à partir d'une certaine pression, que nous appellerons *intermédiaire* (I) pour ne rien préjuger tout d'abord de sa signification, cette amplitude reste constante pendant la décompression progressive. Une nouvelle augmentation se produit cependant parfois peu avant la diminution qui marque le minimum (Mn). Ce fait est figuré par divers auteurs sur des graphiques relatifs à ce phénomène, mais pas indiqué explicitement.

A la pression Mx l'artère est écrasée en systole; à une pression plus

([1]) Aux très faibles concentrations qui sont celles utilisées, on peut admettre que la dissociation ionique du citrate de lanthane formé, soluble dans un léger excès d'ions citraté, est totale.

([2]) Séance du 12 août 1918.

basse elle se soulèvera d'autant plus que la pression à vaincre sera plus faible, tout en restant tout d'abord écrasée en diastole, d'où l'augmentation progressive des amplitudes; mais lorsque l'artère cesse d'être écrasée, même en diastole, elle accomplit son oscillation intégrale qui, dès lors, n'augmente plus sensiblement. La pression I peut donc être interprétée comme pression d'écrasement diastolique. Quelle que soit alors la surpression nécessaire pour produire l'écrasement, la différence D = Mx — I sera en rapport direct avec la différence des pressions systoliques et diastoliques dans l'artère. Cette vue se trouve appuyée par le fait que D varie dans le même sens que l'amplitude des oscillations intégrales, quantité relative à l'appareil, mais en rapport direct avec les variations de pression dans l'artère. Le rapport à D de cette amplitude (mesurée en divisions de l'oscillomètre) est de 0,4 à 0,8; mais reste constant pour un individu donné quand sa pression artérielle change; il peut dépendre de la souplesse de l'artère, de l'épaisseur et de la consistance des tissus interposés.

On pourrait être tenté d'interpréter I, début des oscillations intégrales comme pression systolique, Mn étant la diastolique, mais I — Mn est beaucoup plus variable et sans rapport avec l'amplitude des oscillations (le rapport varierait de 0,26 à 2); la première interprétation nous semble donc préférable.

Résultats. — Chez les normaux I est légèrement supérieur à la moyenne arithmétique de Mx et de Mn, et D est compris entre $3^{cm},5$ et $4^{cm},5$ de mercure; il augmente avec les valeurs de Mx et de Mn.

D est diminué dans les états hyposystoliques : peu, dans les cas frustes (D = 3), individus à musculature débile, hypotendus, avec un sang à viscosité élevée; la même valeur a été relevée dans un cas de souffle de l'artère pulmonaire. On a noté D = 2,5 chez un cardiorénal avec bruit de galop, trois semaines avant la mort.

D augmente, soit sous l'influence des efforts cardiaques, soit par absence d'atténuation de l'onde pulsatile. Dans l'insuffisance mitrale récente et non compensée, D reste normal, mais Mn diminue, d'où accroissement anormal de I — Mn; au contraire, lorsque l'hypertrophie cardiaque se produit, D augmente; l'effort peut faire monter cette valeur à 6, 6,5 et même passagèrement dans un cas à 9; le repos fait redescendre D à des valeurs normales, mais I est alors inférieur à la moyenne arithmétique de Mx et de Mn, ce dernier étant normal ou bas.

D augmente pour la seconde raison chez les hypertendus, pléthoriques ou scléreux; on a noté 6 et même 7,5 (vieillard de 80 ans ayant eu de petites hémorragies cérébrales). Mn est élevé et I est encore inférieure à la moyenne des deux valeurs extrêmes.

Chez les sujets à gêne respiratoire accusée (bronchite, asthme, emphysème) l'amplitude des oscillations varie à l'expiration et à l'inspiration, et D dans le même sens; il s'élève par augmentation de Mx et parfois diminution corrélative de I; Mn est sensiblement fixe.

Dans l'insuffisance aortique on ne peut fixer cette pression I; les amplitudes ne

cessent d'augmenter jusqu'au moment du minimum, elles atteignent des valeurs bien plus élevées que normalement, et ces deux faits semblent plus caractéristiques de cette affection que le grand écart Mx — Mn trouvé parfois en dehors d'elle.

Il est d'ailleurs possible que le minimum soit dans ce cas la pression d'écrasement diastolique (I) devenue inférieure au niveau moyen de pression (Mn) qui correspond peut-être à un moment où l'augmentation des amplitudes cesse de croître et devient régulière. Le rapport des amplitudes à Mx — Mn est d'ailleurs dans ce cas compris dans les limites trouvées pour celui des amplitudes à Mx — I. En outre, ceci expliquerait assez bien l'aspect du pouls dans ce cas; légèrement comprimée par le doigt, l'artère passe de l'écrasement en diastole à la tension en systole. Dans un cas, cœur de Bouillaud, souffle prolongé à tous les temps, on a noté Mx = 21, Mn = 10,5, ce qui n'a rien de bien caractéristique, mais pas de pression intermédiaire, et les amplitudes atteignent 9 divisions de l'appareil. Le pouls est bondissant et dépressible, mais facies coloré, pas de danse des artères, peut-être parce que le minimum est malgré tout élevé. Après 10 jours de repos Mx : 20, Mn : 10,5, amplitude : 8; toujours pas de pression intermédiaire; à l'auscultation on entend distinctement le souffle d'une insuffisance mitrale, mais le deuxième bruit est sourd, ce qui ne permet pas d'éliminer toute idée d'insuffisance aortique, peut-être faible et compensée par l'hypertrophie cardiaque, mais ayant cependant entraîné la disparition de la période d'oscillations égales.

Conclusions. — 1° Les pressions maxima et minima ne doivent pas être interprétées comme systoliques et diastoliques.

2° La recherche d'une pression intermédiaire I, début de la période des oscillations intégrales, n'augmente pas la durée de l'opération. On ne la trouverait pas dans l'insuffisance aortique.

3° La différence Mx — I semble, mieux que Mx — Mn, être en rapport avec la variation de pression réalisée dans l'artère.

4° Cette variation a lieu aux environs de la valeur Mn, niveau moyen de pression, qu'on ne peut affirmer être la pression diastolique.

Cette pression intermédiaire peut donc être intéressante à noter pour le clinicien.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 SEPTEMBRE 1918.

PRÉSIDENCE DE M. PAUL APPELL.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Agriculture** invite l'Académie à lui présenter une liste de neuf de ses Membres qui feront partie du *Conseil supérieur des Stations agronomiques et des Laboratoires agricoles*, récemment créé pour tenir compte des vœux émis par l'Académie.

M. **M. Guichard** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Recherches sur les éléments d'un projectile cylindro-ogival*, par M. Henri Bertin. (Présenté par M. L.-E. Bertin.)

2° *Le développement du cerveau chez les singes*. Première partie : *Préliminaires. Anthropoïdes*, par R. Anthony. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

3° *Observations des orages de* 1917 *dans le département de la Gironde et partie de la Dordogne. Expérience des paragrêles électriques. Résultats déduits des observations de* 1912 *à* 1917, par M. F. Courty. (Présenté par M. J. Violle.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les variétés à 3 dimensions.* Note de M. **E. Cartan**, présentée par M. Appell.

J'ai étudié dans deux Mémoires récents, publiés dans le *Bulletin de la Société mathématique de France*, le problème de la déformation des variétés

à $n-1$ dimensions dans l'espace euclidien à $n>3$ dimensions et dans l'espace conforme à $n>4$ dimensions (problème de la représentation conforme). Le premier problème est un cas particulier de celui, beaucoup plus général, qui a pour but l'étude de la déformation des variétés à p dimensions dans l'espace euclidien à n dimensions. Au lieu de particulariser le problème en donnant à $n-p$ la valeur 1, on peut, tout en laissant n quelconque, donner à p des valeurs simples, par exemple $p=2$ et $p=3$. D'un intérêt déjà très général est l'étude des variétés à 2 (ou 3) dimensions qui sont applicables sur le plan (ou l'espace) euclidien ou non euclidien, autrement dit l'étude des variétés à 2 (ou 3) dimensions dont le ds^2 est de *courbure constante*, cette courbure pouvant être, sans restreindre la généralité, égale à zéro (variétés *développables*) à -1 (variétés de Beltrami) ou à $+1$ (variétés de Riemann). Le cas $p=3$ est beaucoup plus intéressant que le cas $p=2$; je suis arrivé à cet égard à un certain nombre de résultats que je demanderai la permission à l'Académie d'exposer sommairement, mais il est nécessaire, pour pouvoir les énoncer d'une manière simple, d'introduire quelques notions reposant sur une étude préalable des propriétés infinitésimales *purement projectives* des variétés à 3 dimensions : c'est à ces notions que cette Note est consacrée.

Si l'on considère, en un point M d'une variété à trois dimensions, les plans osculateurs (à 2 dimensions) des différentes courbes tracées sur la variété et passant par M, le lieu de ces plans n'est pas en général une variété plane; mais il y a intérêt à considérer la plus petite variété plane contenant tous ces plans : je l'appellerai l'*hyperplan osculateur* de la variété en M. On pourra de même considérer la plus petite variété plane contenant les hyperplans à 3 dimensions osculateurs aux courbes tracées sur la variété et passant par M : ce sera par définition l'*hyperplan osculateur du second ordre* de la variété en M; et ainsi de suite.

Soit $h+3$ le nombre des dimensions de l'hyperplan osculateur (P) en M; à toute variété plane (p) à $h+2$ dimensions contenant l'hyperplan tangent mais contenue dans (P) correspond dans l'hyperplan tangent un cône du second ordre, lieu des tangentes en M aux courbes tracées sur la variété et dont le plan osculateur est contenu dans (p). Nous définissons ainsi dans l'hyperplan (ou espace) tangent un réseau linéaire de cônes du second ordre dépendant de h paramètres homogènes, et que j'appellerai le *réseau asymptotique* relatif au point M.

On peut de même définir un réseau asymptotique du second ordre, formé de cônes du troisième ordre, et ainsi de suite. La simple connaissance du réseau asymptotique d'un ordre déterminé permet, sinon de con-

naître le réseau asymptotique de l'ordre suivant, du moins de trouver un réseau linéaire maximum dans lequel il est contenu.

Si, en tout point M, les hyperplans osculateurs de deux ordres successifs déterminés coïncident, ils coïncident avec ceux de tous les ordres ultérieurs et ils sont fixes tout le long de la variété.

La notion de *tangentes conjuguées*, de *tangente asymptotique*, s'étend facilement aux variétés générales à 3 dimensions; deux tangentes sont conjuguées quand elles sont conjuguées par rapport à tous les cônes du réseau asymptotique; une tangente est asymptotique quand elle appartient à tous les cônes du réseau asymptotique. Une notion nouvelle est celle de *plan tangent distingué;* un plan tangent (à 2 dimensions) Π est dit *distingué* quand ce plan, considéré comme plan double, fait partie du réseau asymptotique : c'est une notion importante dans la théorie des variétés développables.

On peut facilement trouver, au point de vue *projectif*, tous les types de réseaux linéaires de cônes du second ordre. A chacun d'eux correspondent les variétés à 3 dimensions dont les réseaux asymptotiques appartiennent à ce type. Une première question qu'on peut se poser est celle de savoir s'il existe des variétés correspondant à chaque type, et une seconde question est celle de savoir quel est le degré de généralité de ces variétés. La première question doit être résolue par l'affirmative. Quant à la seconde j'ai pu la résoudre facilement pour presque tous les types, en appliquant ma théorie des systèmes différentiels en involution : la plupart des systèmes différentiels qui expriment que le réseau asymptotique d'une variété appartient à un type projectif donné sont d'eux-mêmes en involution, et presque tous les autres peuvent être ramenés en involution par un prolongement immédiat. Ne pouvant passer en revue tous les résultats obtenus, je me contenterai, pour donner une idée de leur nature, de signaler deux cas particuliers correspondant tous deux à $h = 3$.

I. Supposons que le réseau asymptotique en un point M soit formé de cônes passant par deux génératrices fixes $M\Theta_1$, $M\Theta_2$, la polaire du plan $M\Theta_1\Theta_2$ étant située dans un plan fixe (Π). Le plan $M\Theta_1\Theta_2$ est ici un plan tangent distingué. La solution *générale* du système différentiel correspondant dépend de quatre fonctions arbitraires de *deux* arguments; les variétés fournies par cette solution générale sont situées dans un hyperplan à 6 dimensions, ou, comme on peut dire, elles n'existent que dans l'espace à 6 dimensions. Mais il y a une solution *singulière* qui dépend d'une fonction arbitraire de *trois* arguments; les variétés qu'elle fournit existent dans un espace à un nombre quelconque de dimensions, et elles jouissent de la propriété remarquable

(qui n'appartient pas à la solution générale) qu'elles contiennent une famille de surfaces (à 2 dimensions) distinguées, c'est-à-dire tangentes en chacun de leurs points M au plan tangent distingué $M\Theta_1\Theta_2$ correspondant.

II. Supposons que le réseau asymptotique en un point M soit formé des cônes passant par trois génératrices fixes $M\Theta_1$, $M\Theta_2$, $M\Theta_3$ formant un véritable trièdre; ce sont trois tangentes asymptotiques, les variétés admettant par suite trois familles de lignes asymptotiques. Les variétés correspondantes appartiennent, soit à l'espace à 6 dimensions, soit à l'espace à 7 dimensions.

Les premières dépendent de six fonctions arbitraires de deux arguments.

Les dernières ($n = 7$) sont données par un système différentiel dont la discussion complète est très longue. Il semble que la solution *générale* de ce système ne dépend que de constantes arbitraires. En tout cas les variétés correspondantes jouissent de la propriété, qui n'appartient pas nécessairement au cas $n = 6$, d'admettre trois familles de surfaces génératrices tangentes en chacun M de leurs points à l'un des plans $M\Theta_2\Theta_3$, $M\Theta_3\Theta_1$, $M\Theta_1\Theta_2$; les surfaces de la première famille contiennent les lignes asymptotiques de la deuxième et de la troisième famille. En dehors de la solution générale, il existe plusieurs catégories de solutions singulières pouvant dépendre d'une ou de plusieurs fonctions arbitraires d'un argument. Une de ces catégories est formée des variétés pour lesquelles les trois familles de lignes asymptotiques sont formées de droites : on peut toujours choisir le système de coordonnées projectives de manière à ramener les équations de ces variétés à la forme (non homogène)

$$x_4 = x_2x_3, \qquad x_5 = x_3x_1, \qquad x_6 = x_1x_2, \qquad x_7 = x_1x_2x_3.$$

L'hyperplan osculateur en un point M n'est autre que l'hyperplan polaire de M par rapport à un certain complexe linéaire fixe; les trois familles de surfaces génératrices sont formées de quadriques situées dans des variétés planes à 3 dimensions.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'extension à la Physique des principes de l'homogénéité et de la similitude et sur une remarquable relation entre les constantes universelles d'une théorie.* Note (¹) de M. **Paolo Straneo.**

1. Tandis que les applications techniques du principe de la similitude, malgré les grandes difficultés de la réalisation pratique des systèmes semblables, ont été étendues à tous les domaines de la Physique, les applications théoriques de ce même principe et de celui équivalent de l'homogénéité sont restées limitées aux seuls domaines de la Mécanique, c'est-à-dire où les avaient portées les travaux de J. Bertrand. Cela est évidemment dû au

(¹) Séance du 2 avril 1918.

fait que l'extension de ces principes à la Physique entraîne la possibilité de l'intervention dans les formules de constantes universelles de dimensions inconnues. C'est ainsi que, en sachant que, entre la densité de l'énergie u du rayonnement noir contenue dans une enceinte et sa température T existe une condition générale d'équilibre, $u = f(\mathrm{T})$, on ne peut pas, par lesdites méthodes, déterminer la forme de f à cause de l'inévitable intervention d'une constante universelle de dimensions inconnues.

2. Un remarquable essai pour tourner cette difficulté a été fait par M. Tolman ([1]). En limitant les rapports de similitude, c'est-à-dire en considérant comme semblables seulement les systèmes physiques que, dans le système de dimensions l, t, m, T et e, on peut déduire, l'un de l'autre, par le groupe des transformations :

$$(1) \qquad l' = xl, \quad t' = xt, \quad m' = x^{-1}m, \quad \mathrm{T}' = x^{-1}\mathrm{T}, \quad e' = e,$$

M. Tolman a montré qu'on arrive à prévoir un grand nombre de lois physiques. La relation précédente $u = f(\mathrm{T})$ et sa correspondante $u' = f(\mathrm{T}')$, en tenant compte des dimensions $[l^{-1}t^{-2}m]$ de n, nous donnent en effet l'équation fonctionnelle $x^{-1}f(\mathrm{T}) = f(x^{-1}\mathrm{T})$, dont la seule solution $u = a\mathrm{T}^4$ est bien la loi connue de Stefan-Boltzmann.

3. Les arguments de M. Tolman ayant soulevé des difficultés, j'ai repris la question. J'ai vu d'abord que la limitation introduite par le groupe (1) présentait une grande analogie avec des limitations analogues employées en Dynamique, quand on voulait considérer seulement des systèmes semblables avec des parties *invariées*, et que, dans notre cas, cette partie invariable était représentée par l'éther. D'autre part, je remarquai que les dites transformations laissaient invariées les dimensions des constantes universelles : *vitesse de la lumière c, constante de l'entropie k, constante de Planck h et constante diélectrique* ε.

En rapprochant ces faits je suis arrivé à une relation qui doit subsister entre les différentes constantes universelles d'une théorie.

4. Désignons par $[\mathrm{Q}_1^{c_1}\mathrm{Q}_2^{c_2}\ldots\mathrm{Q}_m^{c_m}]$ les dimensions d'une constante universelle générique d'une certaine théorie, dans le système de dimensions $\mathrm{Q}_1, \mathrm{Q}_2, \ldots, \mathrm{Q}_m$. *Je dis qu'on ne peut pas admettre que, dans cette théorie, puissent exister des constantes universelles de dimensions quelconques*. En effet,

([1]) *Physical Review*, nouvelle série, t. 3, p. 244.

dans ce cas, chaque relation arbitrairement donnée, entre n'importe quelles entités physiques, pourrait toujours être rendue homogène par une constante universelle de dimensions convenablement choisies. Cette théorie, alors, non seulement ne pourrait rien prévoir, mais devrait admettre comme possible une loi quelconque. En un mot, elle ne serait plus une théorie.

J'ai alors cherché *quelles liaisons il faut admettre entre les dimensions des constantes universelles*, pour éviter cette absurdité, et je suis arrivé à la conclusion que *les* $c_1, c_2, \ldots, c_m$ *doivent en général satisfaire à une ou plusieurs équations linéaires homogènes.* Plus particulièrement, en désignant par $[Q_1^{c_{1i}}, Q_2^{c_{2i}}, \ldots, Q_m^{c_{mi}}]$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$ les dimensions de n constantes universelles choisies comme fondamentales pour exprimer les dimensions $[Q_1^{c_1}, Q_2^{c_2}, \ldots, Q_m^{c_m}]$ des constantes génériques admissibles dans la théorie considérée, et par l la caractéristique de la matrice

$$\| c_{ki} \| \quad (k = 1, 2, \ldots, m;\ i = 1, 2, \ldots, n)$$

formée avec les exposants de ces n constantes fondamentales, on peut facilement montrer que *les liaisons entre les* $c_1, c_2, \ldots, c_m$ *consistent en* $m - l$ *équations de la forme*

$$(2) \qquad \beta_{j1} c_1 + \beta_{j2} c_2 + \ldots + \beta_{jm} c_m = 0 \qquad [j = 1, 2, \ldots, (m - l)],$$

où les coefficients $\beta_{j1}, \beta_{j2}, \ldots, \beta_{jm}$ *doivent à leur tour satisfaire au système d'équations linéaires homogènes*

$$(3) \qquad \beta_{j1} c_{1k} + \beta_{j2} c_{2k} + \ldots + \beta_{jm} c_{mk} \qquad (k = 1, 2, \ldots, n),$$

qui admettra bien comme solutions $m - l$ *systèmes de valeurs des* β.

Réciproquement, on peut voir que *l'admission d'une telle liaison entre les dimensions des constantes universelles possibles d'une théorie* ôte toute indétermination *et caractérise complètement cette théorie.*

5. Comme exemple, considérons l'interprétation physique très étendue, fondée sur la Mécanique newtonienne, sur la Thermodynamique et sur la théorie de l'électricité de Maxwell, dans le système l, t, m, T et e. Profitons du fait que les dimensions génériques $[l^\lambda t^\tau m^\mu T^\vartheta e^\eta]$ des constantes universelles de cette interprétation physique peuvent être déduites de quatre d'entre elles, par exemple des c, k, h et ε de dimensions respectives

$$[lt^{-1}], \quad [l^2 t^{-2} m T^{-1}], \quad [l^2 t^{-1} m] \quad \text{et} \quad [l^{-3} t^2 m^{-1} e^2].$$

Dans ce cas, on aura $m = 5$ et $l = 4$. On aura donc, entre les λ, τ, μ, ϑ et η, une seule équation linéaire du type (2), qui, en substituant aux β leurs valeurs, devient

$$(4) \qquad \lambda + \tau - \mu - \vartheta = 0.$$

Cette équation représente la liaison caractéristique entre les constantes universelles de l'ensemble des théories physiques considérées. Ces constantes auront donc en général les dimensions

$$(5) \qquad [l^{\lambda} t^{\tau} m^{\mu} T^{\lambda+\tau-\mu} e^{\eta}].$$

Par la simple admission de cette liaison, toutes les lois fondamentales des théories des gaz, du rayonnement, de l'électricité, peuvent être déduites comme conséquences des principes de l'homogénéité ou de la similitude dans leurs formes ordinaires. La relation $u = [l^{-1} t^{-2} m T^{-4}] T^4 = a T^4$, par exemple, est bien la seule relation possible entre u, T et une constante du type (5). On s'explique alors que M. Tolman ait pu déduire un grand nombre de lois de ces théories sans en considérer explicitement les constantes universelles possibles, parce que les transformations (1) les laissaient invariées.

6. Si, au lieu de considérer l'ensemble des théories précédentes, nous nous étions limités à la théorie de Maxwell, dont les constantes universelles peuvent toutes être exprimées par les deux constantes c et ε, les liaisons qu'on aurait déduites par le même procédé seraient

$$(6) \qquad \lambda + \tau - \mu = 0, \qquad 2\lambda + 2\tau + \eta = 0.$$

Leur simple admission donne toutes les lois caractéristiques de la théorie maxwellienne, et même de la théorie des électrons, autant qu'elle peut être développée dans le cadre de la Mécanique classique.

7. Observons encore que la théorie du rayonnement est complètement caractérisée par la simple liaison

$$\lambda + \tau - 2\mu - 2\vartheta = 0,$$

qu'il est intéressant de comparer à l'équation (4).

PHYSIQUE. — *Sur l'équation caractéristique des fluides* (1). Note (2) de M. **Pierre Weiss**, présentée par M. J. Violle.

Dans toute région où les isochores sont rectilignes la *pression interne* est fonction du volume seul. Elle est déterminée expérimentalement comme l'ordonnée à l'origine des isochores, changée de signe. Dans une même famille d'isochores rectilignes on trouve en général pour cette fonction une loi bien déterminée qui fait place à une loi différente, quand on passe à une autre famille. Amagat et Leduc ont montré que la loi de Van der Waals : la pression est en raison inverse du carré du volume, est vérifiée par l'expérience aux faibles densités. En procédant par familles d'isochores on retrouve fréquemment ce résultat et l'on précise les limites de sa validité, mais on rencontre aussi quelquefois cette loi pour des densités relatives notables, par exemple dans les expériences de Kamerlingh Onnes et Braak sur l'hydrogène qui donnent :

v (vol. norm.).	Π (en atmosp.).	$\Pi \times v^2$.
0,0052	16,2	0,000438
0,0058	12,9	0,000434
0,0065	10,1	0,000427
0,0100	4,23	0,000423
0,0125	2,73	0,000426
0,0150	1,89	0,000425
0,0200	1,07	0,000428

Mais on rencontre plus souvent des lois différentes qui sont représentées d'une manière remarquable par la formule plus générale

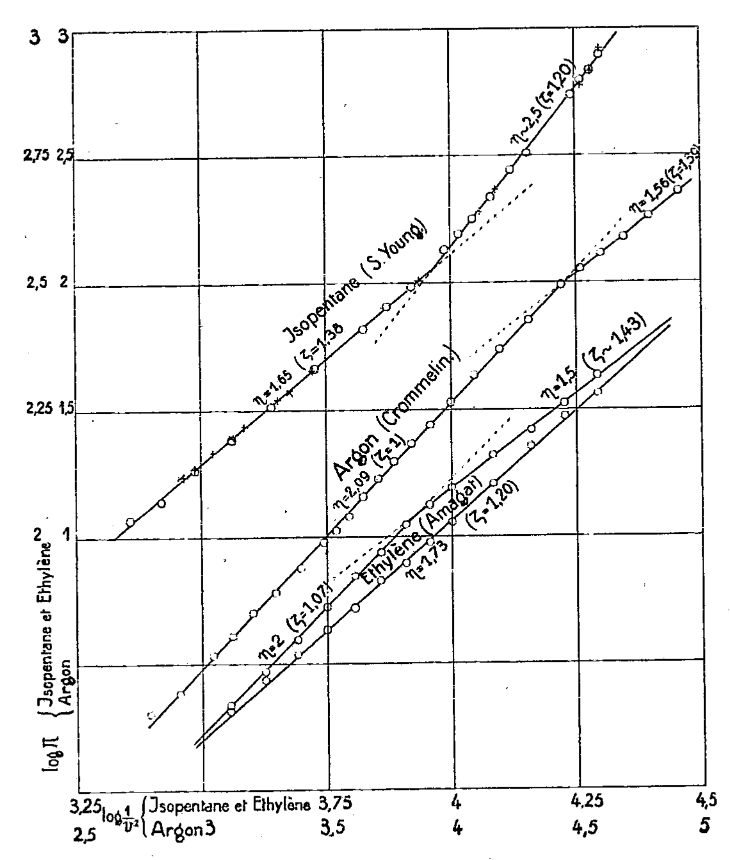
$$\Pi = \frac{a}{v^\eta}, \tag{10}$$

où a est une constante. L'exposant η prend des valeurs très diverses. La figure ci-contre donne quelques exemples. Les abscisses sont les logarithmes de $1 : v^2$ et les ordonnées ceux de Π, de telle sorte que les lois du type (10) sont représentées par des droites et celle de Van der Waals par des droites à 45° sur les axes. Les lois de la pression interne données pour l'isopentane

(1) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 78 et 232.

(2) Séance du 19 août 1918.

et l'argon se rapportent aux mêmes familles d'isochores que les lois de dilatation représentées dans la figure de la deuxième communication (*loc. cit.*). Comme ces dernières elles sont représentées chacune par deux segments de droites d'inclinaison différente. Le triangle allongé au bas de la figure est la représentation logarithmique de la pression interne de l'éthylène, déduite des deux familles qui ont été reproduites dans la première commu-



nication (*fig.* 2) à titre d'exemple d'isochores coudées. Leurs deux segments donnent, pour le même volume, deux pressions internes différentes. La représentation graphique se compose donc de deux lignes. La ligne supérieure, brisée, correspond à la région aux basses températures et comprend deux états caractérisés par $\eta = 2$ et $\eta = 1,5$. La ligne inférieure, qui correspond aux températures plus élevées, est une droite unique avec $\eta = 1,73$.

Lorsque, grâce à l'emploi de très fortes pressions, on réduit considérablement le volume des fluides, la pression interne finit par décroître et même par devenir négative (Amagat). Il semble qu'à partir du moment où la décroissance de Π indique l'entrée en jeu de forces répulsives, la loi (10) cesse d'être applicable. Mais le critérium des états définis caractérisés par des isochores rectilignes conserve son utilité pour l'analyse des phénomènes.

La juxtaposition de la loi de dilatation (9) (*loc. cit.*) et de la loi de la pression interne (10) donne l'équation caractéristique à quatre constantes a, b, ζ, η,

$$\left(p + \frac{a}{v^\eta}\right)(v - b) = \zeta RT,$$

où R est la constante des gaz parfaits. Cette équation représente avec précision les propriétés du fluide dans un des états correspondant à une famille d'isochores. Les changements d'état mis en évidence par les coudes des isochores ou ceux des lois de dilatation ou de pression interne portent le plus souvent sur les quatre constantes, mais il n'en est pas toujours ainsi, une partie d'entre elles pouvant être conservées.

On rencontre des combinaisons si diverses de ces constantes pour une même substance qu'il semble qu'il n'y ait aucun lien entre leurs valeurs. On peut cependant faire la remarque que souvent, sinon toujours, les valeurs $\zeta = 1$ et $\eta = 2$ s'accompagnent dans les régions de grands volumes et qu'en général, dans les domaines de grande densité, ζ est grand et le covolume petit.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage des nitrites.* Note de M. F. **Dienert**, transmise par M. Ad. Carnot.

Pour la recherche de petites quantités de nitrites on dispose de réactifs colorés très sensibles comme le réactif de Griess. On emploie les méthodes gazométriques pour la recherche de quantités plus importantes de nitrites (soit avec $FeCl^2$ en présence d'acide acétique, soit avec l'urée, soit avec AzH^4Cl). Si, dans le cas de doses de nitrites supérieures au milligramme, on veut employer une méthode plus simple, les traités indiquent la méthode avec le permanganate de potassium qui est faussée par la présence des matières organiques.

Dans les Traités d'analyse, sauf dans le Traité de M. A. Carnot, on ne

trouve pas la réaction indiquée par M. Kalmann :

$$NaAzO^2 + 2HI = NaI + I + AzO + H^2O.$$

Le dosage des nitrites revient à un dosage très aisé d'iode.

Cette réaction n'est pas spécifique. Elle se produit en présence de sels ferriques, de l'eau oxygénée, du chlore, de l'ozone, mais il est des liquides qui ne comportent la présence d'aucun de ces corps et dans lesquels la mise en liberté d'iode est due uniquement aux nitrites.

Quand on veut essayer cette réaction, on constate que la quantité de nitrites ainsi obtenue est exagérée et que la réaction se prolonge pendant plusieurs heures. En opérant avec des quantités d'acide nitreux exactement dosées on obtient des chiffres 10 à 15 fois trop forts. Ceci tient à la présence de AzO qui, en présence de l'oxygène de l'air, s'oxyde en donnant naissance à AzO^2, lequel réagit sur l'acide iodhydrique pour mettre de l'iode en liberté. La lumière et la chaleur accélèrent ce phénomène. Il faut opérer la réaction en l'absence de l'oxygène de l'air.

Pour cela on fait barboter un courant de gaz carbonique dans un premier flacon contenant 2^{g} d'iodure de potassium dans 50^{cm^3} d'eau, puis dans un deuxième flacon contenant 10^{cm^3} d'acide sulfurique normal, puis dans un troisième flacon contenant la solution du nitrite à doser. Après un quart d'heure de courant gazeux, tout l'air a été chassé des solutions et remplacé par du gaz carbonique. En abaissant le tube de sortie du gaz du premier flacon, on fait passer la solution d'iodure de potassium dans le deuxième flacon, sous l'influence du courant gazeux. Par une manœuvre identique on fait passer le mélange d'iodure et d'acide sulfurique dans le troisième flacon. On voit apparaître instantanément la coloration jaune due à la mise en liberté de l'iode. Ceci fait, au moyen d'un tube à brome, on introduit 10^{cm^3} d'une solution de carbonate d'ammoniaque à 20 pour 100 dans le troisième flacon. Le milieu est alcalinisé et toute réaction sur l'iodure de potassium est arrêtée.

On peut titrer l'iode mis en liberté en présence de l'air et sans inconvénient au moyen d'acide arsénieux $\frac{N}{70}$ dont chaque centimètre cube est égal à $0^{mg},2$ d'azote nitreux.

Ce procédé de dosage donne des résultats très précis si l'on prend toutes les précautions pour éviter l'introduction d'oxygène avant l'alcalinisation du milieu. On titre ainsi facilement 3^{mg} d'azote nitreux à 2 pour 100 près.

MINÉRALOGIE. — *Sur la coloration artificielle des sphérolites à enroulement hélicoïdal (tartrates et bimalates).* Note (¹) de M. **Paul Gaubert.**

Les recherches de M. Wallerant ont montré que des substances inactives cristallisant avec un corps doué du pouvoir rotatoire pouvaient produire des sphérolites à enroulement hélicoïdal; j'ai montré qu'il était possible d'obtenir des sphérolites de ce genre même avec des corps actifs purs (cholestérine, thébaïne, codéine, acide malique, asparagine, etc.). Le but de cette Note est de montrer que les bimalates, les tartrates, les bitartrates peuvent aussi présenter des formes donnant des édifices hélicoïdaux, qui présentent une propriété non encore signalée dans ce genre de structure, celle de se colorer pendant leur formation par des matières colorantes ajoutées à l'eau mère.

Les sphérolites sont facilement obtenus par l'évaporation d'une solution formant une couche très mince sur une lame de verre. La température et la vitesse de cristallisation ont une grande influence sur la production de ces sphérolites. Je vais indiquer quelques-uns des résultats obtenus (²).

Bimalate d'ammonium. — Les cristaux de ce sel ne présentent les formes hémédriques $\left(\frac{1}{2}b^{\frac{1}{2}}\right)$ que lorsque la solution a été chauffée jusqu'à ce qu'il se produise un commencement de décomposition (Pasteur). Ces formes apparaissent rarement et n'ont pas été obtenues par tous les observateurs; mais les édifices hélicoïdaux montrent bien l'existence de formes énantiomorphes. En effet, par évaporation à chaud d'une solution sur une lame de verre, il se produit des sphérolites à enroulement hélicoïdal.

L'examen des propriétés optiques montre que l'enroulement n'est pas le même dans tous les sphérolites : tantôt il se produit autour de l'indice moyen n_m, comme dans l'acide malique, mais avec un pas de l'hélice beaucoup plus petit; tantôt autour du petit indice n_p. A cause du rapprochement des anneaux, il ne m'a pas été possible de déterminer le sens de l'enroulement.

Les cristaux de bimalate d'ammonium en voie d'accroissement se colorent par le bleu de méthylène, qui se trouve à l'état de particule cristalline, comme l'indiquent

(¹) Séance du 26 août 1918.

(²) Très souvent les sphérolites montrent un accroissement rythmique qui peut être facilement suivi en colorant la solution. A cause de l'inégalité de l'épaisseur des zones d'accroissement, les sphérolites simples montrent parfois une grande ressemblance avec ceux dont les fibres présentent l'enroulement. Mais l'orientation optique des zones permet facilement la distinction entre les deux sortes d'édifices.

le polychroïsme très intense (bleu suivant n_g, rouge violacé suivant n_p) et le mécanisme de la coloration ([1]).

Les sphérolites se colorent aussi et, à cause du changement continu de l'orientation des particules cristallines sur le trajet des fibres radiales, les anneaux montrent en lumière naturelle des colorations différentes.

Bitartrate de sodium. — Une solution évaporée lentement sur une lame de verre donne, à la température ordinaire, des cristaux aciculaires ou des sphérolites simples, dont les fibres s'éteignent suivant leur longueur et ont un allongement optique positif. Si la cristallisation se produit vers 50°, il se forme encore de ces sphérolites et d'autres moins biréfringents, dont les fibres ont un allongement optique négatif, et qui presque toujours montrent l'enroulement hélicoïdal, mais avec un petit nombre d'anneaux. A mesure que la température de cristallisation s'élève, il se produit de moins en moins des sphérolites du type simple et, avant d'avoir atteint 100°, il ne s'en forme plus. Ces derniers ne sont pas stables à cette température ; leurs fibres très fines, presque invisibles au microscope, sont remplacées par des fibres beaucoup plus larges à allongement optique négatif si la décomposition est lente. Dans le cas où elle est rapide, ce sont des plages isométriques qui se produisent et leur ensemble montre la polarisation d'agrégat. Ces sphérolites, instables au-dessus de 100°, sont constitués par du bitartrate de sodium hydraté ($C^4H^4O^6NaH, H^2O$) et les sphérolites enroulés ou ceux qui proviennent de la transformation des premiers par le sel anhydre. Ils peuvent être chauffés bien au-dessus de 100° sans perdre leurs propriétés.

Lorsque la cristallisation se fait vers 100°, il se produit parfois des sphérolites à enroulement hélicoïdal, dont l'allongement optique est positif. Il ne semble pas qu'ils appartiennent à une forme différente de celle des sphérolites à fibres optiquement négatives.

La coloration des sphérolites par le bleu de méthylène présente des faits intéressants. Elle permet de distinguer à première vue les sphérolites du sel hydraté de ceux du sel anhydre. Les premiers possèdent une teinte bleu violacé, alors que les seconds sont rouge violacé. Tous sont très polychroïques ; le maximum d'absorption a lieu suivant n_p dans les sphérolites du sel hydraté et suivant n_g dans ceux du sel anhydre. Par conséquent les fibres des deux sortes d'édifices ayant un allongement optique de sens contraire, les plus colorées ont la même position par rapport au nicol.

La coloration met bien en évidence l'enroulement des fibres à cause de l'inégalité de la coloration des anneaux.

Les sphérolites du sel hydraté montrent une propriété intéressante, indiquant la nature du mécanisme de la coloration et montrant la cause des exceptions à la règle de Babinet. En effet, lorsque par suite de l'élévation de température les sphérolites instables se transforment de manière à donner

---

([1]) P. Gaubert, *Bull. de la Soc. fr. de Minéralogie*, t. 38, 1915, p. 149.

des fibres radiales de la forme anhydre, le polychroïsme du sphérolite reste le même, par conséquent les particules du bleu de méthylène ont conservé leur orientation relative primitive.

Avec les bitartrates d'ammonium, de rubidium, de thallium, avec beaucoup d'autres tartrates, on obtient, mais parfois avec difficulté, des sphérolites à enroulement hélicoïdal dont les fibres, comme les cristaux simples, se colorent par le bleu de méthylène (1). Le maximum d'absorption est indépendant du signe optique du cristal, le mécanisme de la coloration étant le même que celui des cristaux ou des fibres de bimalate d'ammonium et bitartrate de sodium.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur l'influence de la nature lithologique des formations relativement à la répartition des eaux superficielles et souterraines au nord du fleuve Sénégal.* Note (2) de M. **Henry Hubert.**

J'ai essayé d'indiquer autrefois (3) les conditions générales qui président à la répartition des eaux souterraines en Afrique occidentale et je me suis efforcé notamment de montrer que dans les régions à pluies régulières il y avait une influence très nette de la nature lithologique des formations sur cette répartition. Mais plus on s'avance vers le Nord, plus cette influence doit être nette, puisque les pluies deviennent plus rares.

Les observations faites récemment, dans une zone s'étendant sur 200^{km} à 300^{km} au nord du fleuve Sénégal (4), ont confirmé cette manière de voir. Elles permettent d'introduire des divisions plus nombreuses que dans les parties méridionales, mieux arrosées. Je résumerai ici les faits constatés, lesquels paraissent snsceptibles de quelque généralisation en Afrique.

J'indique tout de suite que dans la région étudiée les précipitations ne

(1) Les sphérolites à enroulement de l'asparagine se colorent en rouge violacé et en bleu.

(2) Séance du 26 août 1918.

(3) *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 215.

(4) J'ai parcouru la presque totalité de cette zone. Pour les points que je n'ai pu visiter, j'ai eu recours aux archives du cercle de Boutilimit, fort pauvres en cette matière, et surtout aux renseignements des Maures, dont la précision des renseignements est remarquable.

sont pas semblables partout. D'une façon générale elles diminuent du Sud au Nord (au point de cesser d'être régulières au Nord) et de l'Est à l'Ouest ([1]).

Régions occupées par les grès horizontaux. — Ce sont, de beaucoup, les plus favorisés au point de vue hydrologique. Cela tient à la facile infiltration des eaux (porosité due au ciment de la roche, libre circulation des eaux par les innombrables cassures, diaclases et joints de stratification, souvent élargis par l'érosion) et au relief des régions gréseuses, généralement très escarpées. C'est ainsi qu'en Mauritanie, le Tagant, l'Assaba, l'Affolé, le R'Kis et toute la région gréseuse comprise entre Bilazimi et el Bakoui sont des régions de sources.

On ne saurait trop insister sur l'influence heureuse des grès au point de vue hydrologique, influence qui se traduit, en Mauritanie, par la présence d'eaux courantes ([2]), de mares profondes et permanentes, par l'agrément d'une végétation localement riche et par une faune caractéristique (éléphants, caïmans, poissons). Et cette influence est rendue particulièrement frappante soit du fait qu'entre deux régions gréseuses relativement bien pourvues en eau (R'Kis et pays de Tichitt, par exemple) s'étendent des surfaces non gréseuses tout à fait déshéritées (Aouker); soit du fait que les régions gréseuses bien pourvues en eau s'étendent fort loin au delà de la limite des pluies régulières (Adrar).

Régions des schistes horizontaux. — Elles sont moins favorisées que les régions gréseuses. La décomposition de certains schistes en argiles facilite plus le ruissellement que l'infiltration. On y trouve, surtout dans la région soudanaise, un réseau hydrographique bien dessiné, où les rivières ont un régime torrentiel exceptionnel (dans le lit asséché d'une rivière, les eaux peuvent monter de $1^m,50$ à 2^m après un orage, pour disparaître souvent quelques heures après). Dans cette région il n'y a pas de sources, bien que le relief ne soit pas négligeable. Cependant, au moins dans les parties basses et moyennes, l'eau demeure toujours très près de la surface (mares nombreuses, puits de faible profondeur).

Dans la zone mauritanienne, moins favorisée, les caractères sont cependant les mêmes; on y observe seulement un réseau hydrographique beaucoup moins net (lit du Karakoro), mais dont les tronçons ont encore de l'eau toute l'année.

Régions des schistes redressés. — Au point de vue hydrologique, cette région

---

([1]) Cette dernière indication, qui peut paraître paradoxale, s'explique par une durée de l'hivernage plus longue à l'Ouest et peut-être aussi par la propagation des grains orageux (cf. H. HUBERT, *Mission scientifique au Soudan*, 1er fasc.).

([2]) Sur une faible longueur il est vrai.

ressemble beaucoup à la précédente, ce qui se conçoit d'autant mieux que dans les deux cas on a des produits d'altération souvent très semblables. Elle est cependant un peu moins favorisée, ce qui peut tenir à la fois à des précipitations moins abondantes et au redressement des couches, cette dernière condition facilitant évidemment l'infiltration. Cette région a connu autrefois un ruissellement exceptionnel (amas considérables de galets roulés). Une des curiosités actuelles est l'aboutissement de certaines artères à des dépressions sans issues (lac de Mal notamment).

Régions tertiaires. — Dès qu'on parvient aux formations tertiaires (argiles, grès argileux, calcaires silicifiés) (1), les eaux souterraines s'éloignent brusquement de la surface. Il paraît hors de doute qu'on doive cette particularité au changement dans la nature lithologique des formations puisque, à Aleg même, à côté d'eaux superficielles permanentes (lac d'Aleg, analogue au lac de Mal et dû, comme lui, à la présence d'une dépression argileuse), les eaux souterraines sont à 35^m de profondeur.

Régions de formations récentes. — Outre des formations lithologiquement comparables à celles des régions tertiaires, il y a ici surabondance de sables superficiels. Par suite le niveau des eaux souterraines est très bas, exception faite pour certains puits, le plus souvent temporaires, établis à la faveur d'un niveau imperméable localisé (oglats). D'une façon générale, on peut dire qu'à partir de chacun des trois côtés (sur quatre) d'un immense trapèze (1° Océan, 2° fleuve Sénégal, 3° limite occidendentale des schistes redressés) les eaux souterraines se trouvent à une profondeur de plus en plus grande. Ainsi la zone correspondant grossièrement au 17° longitude Ouest, soit celle située à peu près à égale distance de l'Océan et de la limite des schistes, est celle où les puits sont les plus profonds (70^m). Il se passe ici quelque chose d'identique à ce que j'ai signalé pour la colonie du Sénégal (2), où les zones d'eaux libres sont des points *élevés* de la surface des eaux souterraines. Et la question se complique encore de ce fait que le fleuve Sénégal, depuis les environs du 16° longitude Ouest jusqu'auprès de son embouchure, constitue une *crête* de la surface des eaux souterraines, celles-ci s'abaissant rapidement et profondément de chaque côté du fleuve.

Naturellement, dans ces régions il n'y a plus circulation d'eaux superficielles, mais il reste un réseau mort, représenté en grande partie par le dessin des dépressions argileuses (*gouds* et *aftouts*). Tout donne à croire que ce réseau a été puissant (3).

---

(1) Il y a vraisemblablement des calcaires normaux en profondeur.

(2) *Comptes rendus*, *loc. cit.*

(3) Avec M. l'Administrateur des colonies Ripert, je serai notamment porté à penser que la dépression constituée par le R'Kis (nord du Tagant), l'aftout d'Aoudane et le delta de Souet-el-Ma marque l'emplacement d'une ancienne artère, très puissante.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des nappes de recouvrement de l'Andalousie et sur leur raccordement avec les nappes prérifaines (Maroc septentrional).* Note de M. **Louis Gentil**, présentée par M. Emile Haug.

Les nappes de recouvrement, dont j'ai signalé l'existence en Andalousie et que j'ai raccordées avec celles reconnues plus à l'est, sont en relation tectonique avec les terrains néogènes du détroit Nord-Bétique. Plus récentes que les premiers dépôts de ce détroit, elles sont antérieures à la phase finale de la période miocène. Il est donc possible de déterminer avec précision l'âge des mouvements orogéniques qui leur ont donné naissance.

Il est d'abord manifeste que les grès burdigaliens sont plus anciens que les nappes de charriage.

Les preuves abondent de la présence de ces dépôts du premier étage méditerranéen plissés dans les nappes. Ils sont fréquemment recouverts par la nappe jurassique ou par la nappe triasique dans les provinces de Cadix, de Séville et de Cordoue. Plus à l'est, les belles coupes relevées par Robert Douvillé dans les provinces de Jaen montrent le Miocène inférieur, soit chevauché par les nappes qu'il a décrites, soit encapuchonnant leur charnière frontale ([1]). Au voisinage de la chaîne Bétique le Miocène inférieur est surmonté ou enrobé par la nappe triasique, dans la grande bande d'Antiquerra.

Sur les flancs de la Sierra Nevada la mollasse burdigalienne, en couches plissées, a été portée à de grandes hauteurs, atteignant plus de 1000^m d'altitude, ainsi que l'ont fait remarquer, il y a longtemps, de Verneuil et Collomb ([2]). Or, ces dépôts du premier étage s'observent sur les bords de la fenêtre creusée dans l'empilement des nappes de la cordillère Bétique et qui a formé la cuvette du bassin de Grenade. De Quentar à Albuñelas on voit une série de lambeaux de terrains de cet âge recouverts soit par le Trias à faciès mixte, soit par les schistes paléozoïques ou les schistes cristallins.

Les marnes de l'Helvétien sont également antérieures aux phénomènes orogéniques qui nous occupent.

J'ai montré que, dans la province de Cadix, les marnes helvétiennes sont enrobées

---

([1]) *Esquisse géologique des Préalpes Subbétiques* (Partie centrale) (*Thèse de doctorat*, Paris, 1916; voir pl. XVII).

([2]) *Coup d'œil sur la constitution géologique de plusieurs provinces d'Espagne* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 2e série, t. 10, 1853).

dans la nappe triasique, dont elles forment les coussinets. De plus, les couches à Diatomées (moronite) sont parfois superposées aux marnes du deuxième étage, alors que, stratigraphiquement, elles se trouvent à la base de ces dépôts. Ces anomalies s'observent au voisinage de vestiges de Trias en recouvrement sur les marnes miocènes. J'ai également constaté que la nappe triasique formait des synclinaux étirés dans les replis de l'Helvétien. Enfin, du côté de Puente Genil, j'ai observé les calcaires secondaires, jurassiques et crétacés, en recouvrement sur les marnes néogènes.

Les dépôts détritiques du Tortonien sont, en grande partie au moins, postérieurs au cheminement des nappes de charriage.

Dans la province de Cadix, les grès de cet âge recouvrent, dans la vallée du Rio Guadeleta, la nappe triasique. Ils sont eux-mêmes plissés, mais affectés d'ondulations indépendantes du mouvement des nappes. Ailleurs, ils reposent, en discordance, sur les marnes helvétiennes. Il arrive même qu'ils sont séparés par les couches à Diatomées (moronite) qui, *normalement*, se trouvent *au-dessous* de ces marnes bathyales.

La discordance du Tortonien sur les dépôts du premier étage méditerranéen et de l'Helvétien est plus manifeste encore dans le bassin de Grenade, où elle a été mise en évidence par M. Kilian (1). Les conglomérats qui représentent le Tortonien témoignent de la surrection de la chaîne, elle-même comprise dans le pays de nappes. Non seulement leur épaisseur augmente dans des proportions considérables aux approches de la cordillère (ils peuvent atteindre 300^m entre l'Alhambra et la Sierra Nevada), mais l'on peut se rendre compte que le bassin de Grenade se remblayait, au fur et à mesure de son creusement, par les matériaux provenant du travail de l'érosion sur les flancs de la haute chaîne. La faune, exclusivement marine au début de la formation, a, peu à peu, laissé place à des associations d'espèces marines (Huîtres, Polypiers) et d'espèces saumâtres (*Cerithium mitrale*), de sorte que la grande masse des conglomérats s'est formée dans un estuaire. Or ces dépôts, faiblement plissés, reposent sur les nappes du versant septentrional de la cordillère.

Enfin, les dépôts laguno-saumâtres, puis lacustres du Miocène supérieur, sont nettement postérieurs aux mouvements orogéniques qui ont donné naissance aux nappes de charriage.

Ainsi, *les nappes de recouvrement de l'Andalousie sont postérieures au dépôt des marnes helvétiennes; elles sont antérieures à la grande masse des dépôts tortoniens. Leur âge peut donc être fixé, avec une assez grande précision, entre l'Helvétien et le Tortonien.*

Le régime de nappes de l'Espagne méridionale s'étend, au delà du détroit de Gibraltar, sur le continent Africain.

---

(1) *Mission d'Andalousie.* Paris, Imprimerie Nationale, 1889, p. 499.

Les deux rives sont en continuité géologique, ainsi que l'avait entrevu Ed. Suess; et je crois avoir apporté depuis, sur cette question, des documents qui ont consacré l'idée de l'illustre géologue. Le détroit résulte d'un effondrement dans la zone déprimée comprise entre les deux colonnes d'Hercule.

La nappe éocène de la province de Cadix se retrouve sur la côte marocaine en face de Tarifa. Le Flysch nummulitique qui affleure entre le cap Spartel et le djebel Mouça est charrié, recouvrant, au sud de Tanger, des dômes crétacés (cénomaniens et sénoniens), qui sont peut-être autochtones. Il se poursuit au sud par une large bande, qui comprend très vraisemblablement le Nummulitique des environs d'Arbaoua et du djebel Sarsar, pour se relier, par le Kela des Sless, à la grande nappe éocène que j'ai reconnue dans la région de Taza (¹).

D'autre part, j'ai montré que la chaîne de l'Andjera, qui forme la partie la plus occidentale du Rif, est déversée vers l'ouest et que le Jurassique, que j'ai reconnu sur les crêtes, est en recouvrement sur le Flysch. De sorte qu'on peut voir, de ce côté, des témoins de la nappe jurassique. Il serait important de savoir si cet axe calcaire fait partie de la zone de racines ou si cette zone est limitée aux affleurements paléozoïques et cristallins du littoral méditerranéen, qui comprennent les micaschistes et les grès de Ceuta et du Cabo Negro.

Il est assez vraisemblable que le Lias du djebel Mouça est en recouvrement et il ne semble pas douteux que le Rocher liasique de Gibraltar repose sur le Flysch éocène.

Quant à la nappe triasique elle a laissé, dans le Maroc septentrional, des témoins disséminés un peu partout et qui se relient au grand développement de cette nappe indépendante dans le R'arb.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur quelques gisements fossilifères récents des environs de Casablanca (Maroc occidental).* Note (²) de M. **Lecointre**, présentée par M. Émile Haug.

La bordure littorale de la Meseta marocaine est recouverte en transgression par une large bande de grès et calcaires gréseux, dont le faciès assez

(¹) *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 4ᵉ série, t. 18, 4 mars 1918, p. 54-56.

(²) Séance du 26 août 1918.

uniforme ne permet guère d'établir de distinctions stratigraphiques. La plus grande partie de cette formation doit être considérée comme pliocène, ainsi que l'a démontré M. Gentil.

Les investigations minutieuses que j'ai été à même de faire aux environs immédiats de Casablanca m'ont permis d'apporter quelques précisions sur l'âge d'une partie tout au moins de cette couverture :

De part et d'autre de l'éperon quartzitique d'Anfa [1], on voit des formations horizontales reposant sur la tranche des schistes sur lesquels l'érosion a eu plus de prise.

Du côté ouest, près d'Aïn Roumana, on constate la présence de marnes crayeuses blanches, horizontales, avec cherts, qui présentent un banc d'argile verte. Cette formation, complètement azoïque, est recouverte par le conglomérat de base des grès calcaires.

Sur la face est, vers la cote 45, deux puits atteignent, sous les mêmes grès calcaires, des marnes blanc jaunâtre pétries d'innombrables débris de poissons (*Oxyrhina* et *Chrysophrys*) et des mollusques indéterminables. Tout ce que l'on peut dire sur l'âge de ces marnes à poissons est qu'elles appartiennent au Tertiaire.

De plus, j'ai reconnu une série de gisements fossilifères n'ayant fourni aucune espèce éteinte, et dont M. Dautzenberg a bien voulu étudier la faune :

A. Dans la carrière des travaux du Port, au Maarif, vers 70-80^{m} on voit, surmontant les quartzites paléozoïques, un poudingue de base, puis un calcaire plus ou moins gréseux et tuffacé contenant : *Cerithium vulgatum* Brug., *Acanthina crassilabrum* Lk., *Trochita radians* Lk., *Trochocochlea sagittifera* Lk., *Patella depressa* Pennant, *Chlamys multistriata* Poli, *Mytilus pictus* Born., *Balanus* sp.

B. Plus au nord, à Dar Sidi Abderrahmane, un puits à la cote 57 m'a donné dans des grès calcaires saccharoïdes : *Raphitoma attenuata* Mtg., *Marginella* sp., *Nassa reticulata* L., *N. incrassata* Ström., *Amycla Pfeifferi* Phil., *Columbella Broderipi* Sow., *Ocenebra erinaceus* L., var. *torosa* Lk., *O. Edwardsi* Payr., *O. aciculata* Lk., *Pisania Orbignyi* Payr., *Acanthina crassilabrum* Lk., *Trochita radians* Lk., *Trivia artica* (Sol.) Pulteney, *Triforis perversa* L., *Bittium lacteum* Phil., *Vermetus* sp., *Alvania cancellata* Da Costa, *Scala crenata* L., *Eulima polita* Bivona, *Phasianella pullus* L., *Anadema Macandrewi* Mörch., *Calliostoma Chemnitzi*

---

[1] Voir Lecointre, *Sur la présence du Cambrien et du Silurien* (?) *à Casablanca* (Maroc occidental) (*Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 173).

Phil., *Fissurella* sp., *Glyphis mammillata* Risso, *Patella depressa* Pennant, *P. intermedia* Jeffreys, *Arca lactea* L.

C. En contre-bas de la colline d'Anfa, une carrière, sise entre les routes d'Anfa et de Sidi A. E. Rahmane, présente [1] des calcaires compacts exploités pour pierre de taille avec *Trochita radians* Lk., *Acanthina crassilabrum* Lk., *Patella intermedia* Jeffr., *Chlamys sinuosa* D. C., surmontés [1] par 1^{m} de poudingues à gros éléments empruntés aux couches paléozoïques, présentant vers la base des alternances de grès rougeâtres à *Helix*. Ces poudingues ne peuvent être que d'origine marine, car aucun cours d'eau important ne semble avoir existé dans les environs. Ils forment une terrasse topographique sur le pourtour nord de la colline d'Anfa (carrière de l'usine Magnier, etc.), à l'altitude de 30^{m}.

D. A quelques kilomètres de là, aux Roches Noires, la fabrique de ciment « Le Palmier » exploite un calcaire gréseux à *Purpura hœmastoma* L., *Cerithium vulgatum* Brug., *Trochocochlea lineata* Da Costa, *Patella intermedia* Jeffr., *P. safiana* Lamk., *Cardium tuberculatum* Linné, *Jagonia reticulata* Poli, *Siphonaria Algesiræ* Quoy et Gaimard. De plus, le conglomérat de base qui repose sur les schistes cambriens a fourni, avec les coquilles précitées, des fragments de molaires de *Rhinoceros*, défenses et fragments de molaires d'un éléphant, que, malgré l'état défectueux des échantillons, M. Boule, qui a bien voulu les examiner, pense ne pouvoir être rapportés qu'à l'*Elephas antiquus* Falconer ou à sa var. *iolensis* Pomel. Le sommet de la carrière est à la cote + 20 et le poudingue de base à + 16.

E. A la pointe d'El Ang on voit, sur les couches paléozoïques redressées, des grès calcaires tendres légèrement argileux, atteints par les hautes mers; ils contiennent une nombreuse faune : *Purpura hœmastoma* L., *Raphitoma attenuata* Mtg., *Marginella* sp., *Nassa reticulata* L., *N. incrassata* Ström., *Amycla Pfeifferi* Phil., *Columbella Alicea* Pallary, *Ocenebra erinaceus* L. var. *torosa* Lk., *O. Edwardsi* Payr., *Pisania maculosa* Lamk., *Donovania pellis-phocæ* Reeve, *Eutritonium doliarium* L., *Trivia arctica* (Sol.) Pulteney, *Triforis perversa* L., *Bittium reticulatum* Da Costa, *Turritella communis* Risso, *Vermetus* sp., *Crepidula* (?), *Scala communis* Lamk., *S. crenata* L., *Phasianella pullus* L., *Trochocochlea lineata* D.C., *Gibbula umbilicalis* D. C., *Calliostoma Chemnitzi* Phill., *Scrobiculinus strigosus* Gmel., *Glyphis mammillata* Risso, *Patella depressa* Pennant, *P. intermedia* Jeffreys, *P. safiana* Lamk., *Helix* sp., *Ostrea* sp., *Anomia ephippium* L., *Lima lima* L., *Chlamys multistriata* Poli, *Mytilus pictus* Born., *Arca lactea* L., *Nucula nucleus* L., *Cardium tuberculatum* L., *C. norvegicum* Spengler, *Venus verrucosa* L., *Gouldia minima* Mtg., *Mactra*, sp.

F. A 20^{km} de là, dans l'îlot de Fedhala, un dépôt analogue vers la cote + 5 con-

(1) Lecointre, *loc. cit.*

tient : *Nassa incrassata* Ström., *Eutritonium doliarium* L., *Columbella rustica* L., *C. Hidalgoi* Monterosato, *Ocenabra erinaceus* L., var. *torosa* Lk., *Purpura hœmastoma* L., *Calliostoma Chemnitzi* Phil., *Gibbula umbilicalis* Da Costa, *Natica* sp., *Trivia arctica* Pult., *Patella intermedia* Jeffreys, *P. safiana* Lk., *Mytilus perna* Lin., *Siphonaria Algesiræ* Q. et G.

G. Des plages soulevées montrent, tout le long de la côte, leur ligne de rivage visible à + 12 : Aïn Diab, El Ang, Aïn Mahzi, et à la cote + 6 : Aïn Roumana, Aïn Diab, El Ang, Fedhala. Elles renferment : *Nassa reticulata* L., *Eutritonium doliarum* L. (T. C.), *E. costatum* Born., *E. nodiferum* Lk., *Cancellaria piscatoria* Gmel [1], *Ocenebra Pallaryi* Dautz., *Purpura hœmastoma* L. (T. C.), *Trochocochlea lineata* Da Costa, *Patella intermedia* Jeffreys, *P. lusitanica* Gm., *P. safiana* Lk., *Mytilus perna* Lin. (T. C.), *Helix*.

ANATOMIE. — *Morphologie du squelette antibrachial.* Note de M. **Fernand Masmonteil**, présentée par M. Edmond Perrier.

A propos des séquelles des fractures diaphysaires du radius et cubitus, j'ai repris l'étude de l'avant-bras normal, ramenant le mouvement complexe de la pronation et de la supination à un mouvement couramment employé en Mécanique : mouvement de double vilebrequin.

Ce mouvement est assuré par une série de dispositions qui portent à la fois sur les os, les ligaments et les muscles.

Le cubitus, presque rectiligne au niveau de sa diaphyse ou légèrement convexe en dehors, se porte brusquement en dehors au niveau de son extrémité inférieure; la tête cubitale est déportée vers l'espace interosseux. Ce déjettement externe a pour effet de placer la tête cubitale sous l'aire de la cavité sigmoïde du cubitus. De cette façon, la tête radiale qui repose sur la cavité sigmoïde a son axe sur la même droite que l'axe de la tête cubitale : condition indispensable pour la rotation.

Le radius est plus tourmenté. Son extrémité supérieure est arrondie pour tourner sur elle-même; c'est la tête radiale. Au-dessous, il se rétrécit et se porte obliquement en bas et en dedans, présentant une saillie interne très marquée : la tubérosité bicipitale; puis il se porte ensuite en dehors, formant une courbe très accusée à convexité externe: la courbe pronatrice, s'élargissant en palette à son extrémité inférieure. Par suite de ses courbures, il est de 4^{mm} plus long que son voisin.

Sur une épreuve radiologique de l'avant-bras en supination, construisons l'axe antibrachial de rotation. La tête radiale tourne sur elle-même; le centre de rotation est

---

(1) Cette espèce dans le niveau de 12^m à El Ang.

au centre de la tête radiale. L'extrémité inférieure du radius tourne autour de la tête cubitale. Réunissons ces deux points par une ligne, on obtient ainsi l'axe antibrachial de rotation de Beaunis ou axe diagonal de Fick. Or, ce qui fait l'intérêt, c'est que cet axe laisse en dedans de lui la tubérosité bicipitale supinatrice et en dehors de lui la courbe pronatrice, l'opposition fonctionnelle correspondant à une opposition anatomique. Si, du sommet de la tubérosité bicipitale, on abaisse alors une perpendiculaire sur l'axe antibrachial, on obtient le bras de levier des muscles supinateurs; si, du sommet de la courbe pronatrice, on abaisse une autre perpendiculaire sur l'axe antibrachial, on obtient le bras de levier des muscles pronateurs et, en comparant entre eux ces bras de levier, on constate que celui des muscles supinateurs est trois fois moins long environ que celui des muscles pronateurs; la faiblesse du bras de levier étant en raison inverse de la puissance du muscle.

Comment alors ne pas assimiler le système radio-cubital à un double vilebrequin dont les pivots se trouveraient au niveau des articulations radio-cubitales supérieure et inférieure et dont les arcs coudes seraient formés par les courbures radiales : le vilebrequin supérieur supinateur serait formé par la tubérosité bicipitale, interne par rapport à l'axe antibrachial dans la supination ; il est actionné par le biceps et le court supinateur; le vilebrequin inférieur pronateur très étendu occupe les trois quarts de la longueur totale de l'os. Externe par rapport à l'axe dans la supination, il est actionné par le rond et le carré pronateurs.

Cette conception montre encore la raison d'être de certains ligaments, en particulier du ligament triangulaire du radius. Ce ligament, on le sait, réunit les deux os à leur extrémité distale, il va du rebord inférieur de la cavité sigmoïde du radius à la dépression prestyloïdienne du cubitus. Que fait-il ainsi sinon de compléter le vilebrequin pronateur, en soudant directement le radius à l'axe antibrachial? Telle est la raison d'être de ce puissant ligament à disposition si originale.

Il n'est pas jusqu'à la répartition musculaire qui ne fournisse un argument pour la véracité de cette conception. Le groupe des muscles supinateurs localise ses insections au quart supérieur de l'os, sur la partie endo-axiale du radius, tandis que le groupe des muscles pronateurs s'implante sur les deux tiers inférieurs, sur la partie exo-axiale du radius. La dualité anatomique corrobore ainsi la dualité fonctionnelle et la souligne.

Partant de ces données mécaniques, on peut alors fixer les conditions de fonctionnement du système radio-cubital; elles portent à la fois sur les pivots ou articulations et sur les vilebrequins ou courbures radiales.

A. Conditions portant sur les pivots. — 1. *Axes des pivots.* — Les deux pivots doivent avoir le même axe, c'est-à-dire se trouver sur la même ligne droite, condition qui se trouve réalisée par le déjettement externe de la tête cubitale.

2. *Articulations des pivots.* — Les paliers et les arbres doivent conserver leurs rapports. Ainsi la tête radiale doit reposer sur la cavité pour pouvoir effectuer normalement sa rotation. Toute luxation ou subluxation de cette tête entraînerait une gêne pour la rotation.

3. *Orientation des pivots.* — Pour que la rotation antibrachiale soit complète, les deux articulations doivent se trouver simultanément dans la même position, par exemple, si la tête radiale est en supination, l'extrémité inférieure du radius devra se trouver sur le côté axial de la tête cubitale. Si, au contraire, elle est en pronation, l'extrémité inférieure de l'os sera placée sur le côté marginal de la tête cubitale. La négligence de cette règle après une fracture du radius amène le décalage de cet os caractérisé par la consolidation en supination du fragment supérieur associée à la pronation du fragment inférieur.

Ces trois règles observées, la rotation passive est possible, mais pour la rotation active deux autres conditions sont indispensables.

1° *Bras de levier des vilebrequins.* — Les insertions musculaires doivent se trouver à distance de l'axe antibrachial et à une distance fixe si l'on veut conserver la puissance musculaire et l'harmonie entre les groupes antagonistes. Cette distance est donnée par une perpendiculaire abaissée du sommet de la courbe sur l'axe antibrachial; la longueur de cette perpendiculaire nous donne le bras de levier ou manivelle dont l'intégrité est un élément capital pour conserver la puissance musculaire dans sa totalité.

2° *Antagonisme des vilebrequins.* — Les deux vilebrequins sont placés dans un même plan et de part et d'autre de l'axe antibrachial. Dans la supination, le vilebrequin supinateur a une situation endo-axiale et le pronateur une situation exo-axiale. Ils ont donc une situation antagoniste et, de cette façon, l'un des deux vilebrequins est toujours en tension quand l'autre est au repos.

La conclusion pratique à retenir de ces faits est que, pour conserver la rotation antibrachiale après une fracture, il faudra veiller au rétablissement le plus parfait possible de ces cinq conditions. Du reste, l'étude des cals

vicieux vient confirmer ces faits en montrant que tout ceux qui contrarient les courbures normales altèrent profondément la rotation et sont graves, et que tous ceux qui, par contre, les exagèrent sont bénins.

Aussi, en terminant, nous insisterons, sur l'importance de la morphologie osseuse articulaire et musculaire qui conditionne directement la physiologie antibrachiale.

La disposition est une condition de la fonction, de même qu'elle en est une conséquence. Les rapports qui unissent la forme et la fonction souvent difficiles à percevoir sont pourtant si intimes que la moindre altération de l'un retentit sur l'autre comme la clinique et l'anatomie pathologique le prouvent.

ANTHROPOLOGIE PÉDAGOGIQUE. — *La fiche scolaire. Transformation en indications pédagogiques des données de l'Anthropologie sur la nature individuelle de l'enfant des deux sexes.* Note (¹) de M. **Paul Godin**, présentée par M. Ed. Perrier.

La formule individuelle physique basée sur la croissance (voir ma Note du 3 janvier 1916) que le rapport à la formule moyenne a ramenée aux deux lettres *a* et *d*, devient la formule individuelle intégrale dès qu'elle est complétée par la notion fonctionnelle (²) et par la notion psychique (³).

(¹) Séance du 19 août 1918.

(²) La notion fonctionnelle représente le résultat de l'examen médical envisagé du point de vue pédagogique. Sur le physiogramme, le point *f* ne figure qu'autant qu'il y a incompatibilité et par conséquent défaut fonctionnel *non corrigé*. Le point *f* prend alors position en regard du premier degré si c'est la faiblesse seule qui crée l'incompatibilité, du deuxième si c'est la menace de lésion, du troisième si c'est une lésion, du quatrième enfin si c'est l'anormalité.

(³) La notion psychique serait la formule individuelle psychique. Mais la psychologie ne l'a pas encore établie. Ne pourrait-on, en attendant, noter graphiquement ce qui résulte, en dernière analyse, des épreuves par les test de Binet-Simon, à savoir l'*âge de l'intelligence* et le *pouvoir d'action* [le test des trois commissions étant approprié aux divers âges et constituant le test d'action (test d'aptitude plutôt que test d'âge)]. Les points *i* et *m* les représentent sur le testogramme ou diagramme de l'intelligence et du pouvoir d'action.

Le problème qui se pose étant celui-ci : « transformer en indications pédagogiques pratiques les données fournies par l'Anthropologie sur la nature individuelle de chaque enfant », il s'agit de savoir si la formule individuelle intégrale représentée par les lettres a, d, f, i, m surmontées de leurs signes +, —, ou =, et qui contient les indications attendues, est facile à traduire pédagogiquement.

L'expérience a montré que la formule individuelle devait être présentée autrement et que la figuration graphique répondait d'une façon excellente au but proposé.

Sous cet aspect, la fiche scolaire tient fort peu de place, si bien que toutes les fiches scolaires d'une école peuvent être affichées côte à côte dans le bureau du directeur.

FICHE SCOLAIRE.

De. Jourd. (Ét.).
Sexe masculin, Français-Celte,
né le 31 mai 1906.

Date d'observation.......... 15/12 16 — 17/1 17 — 12/12 17 — 8/6 18
Ages...................... 10½ — 11 — 11½ — 12 ans

Somatogramme............. Moyen
a d a d a d a d

Physiogramme............. Compatibilité

Testogramme.............. Âge
i m i m i m i m

Chaque fiche est prête à recevoir les semestres successifs et à être interprétée par tranches verticales ou par tranches horizontales, la ligne horizontale représentant la moyenne (ou l'âge) et évaluant par conséquent les *points* suivant qu'ils sont sur elle, au-dessus ou au-dessous d'elle. Les degrés sont figurés sur les traits verticaux ; ils répondent à des semestres sur le somatogramme, à des années sur le testogramme, et à des aggravations de l'incompatibilité physio-pédagogique sur le physiogramme.

L'éducateur vient-il de recevoir un nouvel élève, il lit la première colonne verticale de sa fiche scolaire, c'est-à-dire la première investigation semestrielle, celle qui a été faite le matin même, et il peut d'emblée orienter dans le sens de la nature de cet enfant sa direction éducatrice.

Plus tard, c'est à l'évolution de l'enfant qu'il demande un contrôle de sa pédagogie et un guide pour savoir s'il doit la continuer ou la modifier. Il lit alors une ligne horizontale de la fiche scolaire, accrue de plusieurs colonnes semestrielles.

La lecture d'un semestre instruit l'éducateur de l'âge du développement (a), de l'âge de la vigueur (d), de l'âge de l'intelligence (i), du degré du pouvoir d'action (m) et de ses composantes ainsi que des corollaires des *âges* (condition morphologique de la nutrition cérébrale, âge de l'éclosion pubertaire, normalité des proportions). L'éducateur y voit aussi le degré de compatibilité du fonctionnement organique avec les exigences de la pédagogie.

En d'autres termes, l'avance ou le retard physique, fonctionnel [1] ou psychique de l'enfant, à un semestre donné, est connu de l'éducateur dès qu'il a lu une colonne semestrielle.

Si ce semestre est le dernier et que l'éducateur parcoure des yeux les précédents, il fait la plus fructueuse des comparaisons et obtient sur le champ le contrôle de son éducation passée et des indications pour sa direction éducative ultérieure. Il sait en effet si, par son développement, son intelligence ou son pouvoir d'action, et relativement à l'enfant moyen de même âge et de même sexe, son élève a réalisé un progrès ou effectué un recul, ou s'il s'est seulement maintenu au niveau du moyen.

Il y a plus, la fiche scolaire graphique signale à l'éducateur la cause morbide, pubertaire ou éducative du recul, la cause du maintien, et elle attribue à l'éducation la part qui lui revient dans le progrès.

BIOLOGIE. — *De la mesure colorimétrique de l'infection syphilitique.* Note de M. **Arthur Vernes**, présentée par M. Roux.

Tout le principe de notre séro-réaction de la syphilis tient dans ceci :

En présence d'une suspension colloïdale appropriée, le sérum syphilitique précipite autrement que le sérum humain normal, et la nature syphilitique d'un sérum se traduit *par un écart de stabilité* [2].

---

(1) A part le cas de lésion organique, l'incompatibilité peut être temporaire, et c'est à ce titre qu'elle est assimilable à un retard.

(2) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 769.

Quand on se place dans les conditions nécessaires pour que le phénomène soit appréciable à l'œil, on observe une floculation pour le seul sérum syphilitique ([1]).

C'est le phénomène de floculation avec le sérum syphilitique et de non-floculation avec la même dose de sérum normal qui a permis de démontrer l'existence d'un *écart de stabilité* et la nécessité d'un réglage extrêmement minutieux de l'état physique de la suspension fine pour pouvoir distinguer à coup sûr un sérum syphilitique d'un sérum normal.

Quel que soit cet écart de stabilité pour une certaine dose de sérum syphilitique, on peut le mesurer avec des globules rouges. Qu'on imagine une substance qui ait à la fois un pouvoir disperseur (antifloculant) et un pouvoir hémolytique et dont le pouvoir disperseur puisse être utilisé à condition de perdre en même temps une partie proportionnelle de son pouvoir hémolytique; alors, au lieu de juger directement l'écart de stabilité par un degré de floculation, on pourra le mesurer indirectement au degré d'hémolyse avec une échelle colorimétrique. Plusieurs substances peuvent jouer ce rôle et notamment le sérum de porc.

Expérience. — Préparez une suspension de Péréthynol à $\frac{1}{40}$ dans l'eau chlorurée ([2]) à 9 pour 1000 et dont l'opalescence corresponde au tube 3 de l'échelle diaphanométrique. Mettez-en $0^{cm^3},8$ dans une série de tubes de $13^{mm} \times 60^{mm}$, où vous aurez distribué les sérums à examiner, frais, à la dose de $0^{cm^3},2$ et après les avoir chauffés pendant 20 minutes à 55°.

Titrez exactement l'activité hémolytique d'un sérum frais de porc, pour trouver la quantité nécessaire (environ $0^{cm^3},150$), pour hémolyser en 20 minutes à 37° et dans l'eau chlorurée à 9 pour 1000 pour un volume total de $2^{cm^3},6$, la dose de globules rouges lavés, de mouton, qui, une fois hémolysée, donnera la teinte 8 de l'échelle colorimétrique dans $2^{cm^3},6$ de liquide et dans un tube de 13^{mm}.

Ajoutez à chaque tube de l'expérience cette quantité de sérum de porc diluée dans l'eau chlorurée à 9 pour 1000 pour l'introduire sous le volume de $0^{cm^3},8$.

Mettez à l'étuve à 37°; au bout de 75 minutes ajoutez dans tous les tubes les globules rouges de mouton à la dose qui vient d'être indiquée, en suspension dans l'eau chlo-

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 575.

([2]) A défaut de mélangeur spécial, on obtient cette suspension en introduisant la solution alcoolique de péréthymol avec une pipette de 1^{mm} d'orifice pour la laisser couler *en jet* dans l'eau chlorurée qu'on a mise dans une fiole d'Erlenmeyer et à laquelle on imprime à la main un vif mouvement de giration jusqu'à ce que le mélange soit terminé.

rurée à 9 pour 1000 et sous le volume de $0^{cm^3},8$ (1). Remettez à 37° et, environ 30 minutes après, centrifugez.

Non seulement les tubes avec sérum normal sont rouges et les tubes avec sérum syphilitique sont décolorés au-dessus d'un culot rouge, mais la quantité de globules non dissous donnant lieu aux teintes intermédiaires entre le blanc et le rouge maximum, constitue une suite d'indices syphilimétriques dont la courbe a la plus haute importance pour le contrôle du traitement.

Conclusion. — C'est une étroite corrélation entre un acte de floculation et un acte d'hémolyse qui permet les réglages nécessaires pour le sérodiagnostic et pour une séro-mesure de syphilis.

THÉRAPEUTIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Accélération intensive du bourgeonnement des plaies par l'application de pulpe testiculaire.* Note de M. **Serge Voronoff** et Mme **Evelyn Bostwick**, présentée par M. Charles Richet.

A la suite des recherches de Carrel (1912), sur l'accélération artificielle de la croissance *in vitro* du tissu conjonctif, où il signalait l'action stimulante du corps thyroïde sur le bourgeonnement des plaies expérimentales, nous avons étudié sur les plaies l'action de pulpes vivantes des glandes thyroïde, surrénale, de la rate, du pancréas et des testicules.

Nous avons pratiqué un grand nombre de plaies sur des chiens, des brebis et des chèvres. Une plaie-témoin, faite le même jour et exactement de mêmes dimensions, fut traitée à l'aide des pansements aseptiques. Les glandes dont nous nous sommes servis étaient ensuite divisées en fragments du poids de 2^g à 3^g et conservées dans de petits flacons stérilisés. Lorsqu'on ne s'en servait pas immédiatement, elles étaient gardées à

---

(1) La répartition exacte des réactifs aux proportions voulues et dans de longues séries d'expériences aurait été un obstacle sérieux si l'on n'avait pu depuis plusieurs années utiliser une instrumentation spéciale (aspiropipeur, rhéomètre), qui assure une sécurité automatique et un gain de temps considérable.

L'expérience comporte des tubes de contrôle pour s'assurer que chacun des éléments qui entrent en jeu n'a pas été modifié dans sa fonction individuelle et que la marche de la réaction a été normale.

la glacière. Nous avons pu ainsi employer des pulpes conservées depuis 15 jours sans aucune altération et gardant toute leur activité. Au moment de l'application, chaque fragment de glande est divisé à l'aide des ciseaux courbes en une fine bouillie et étalé sur la plaie. Afin de se rapprocher des conditions habituelles des plaies de guerre, nous les faisions profondes en reséquant la peau, les aponévroses, les muscles, et, dans la plupart des cas, en évidant partiellement l'os.

Ces expériences ont duré trois mois; les résultats obtenus sont constants. En premier lieu nous signalons que la pulpe du pancréas non seulement n'accélère point le bourgeonnement, mais au contraire le retarde. Au bout de deux ou trois applications, la plaie s'élargit, reste atone et ne montre aucune tendance au bourgeonnement. Pour fermer une plaie traitée ainsi, il faut interrompre l'application de la glande. Vient ensuite la rate : elle n'a aucun effet sur les bourgeons. La plaie se couvre d'une croûte rouge, très dure, au-dessous de laquelle les granulations évoluent lentement. Par contre, les glandes surrénale et thyroïde ont une action réelle. Aprés deux ou trois applications de la pulpe de ces glandes, on voit apparaître des bourgeons charnus très abondants pendant que la plaie-témoin garde encore l'aspect lisse des tissus.

Quant à la pulpe testiculaire, son action accélératrice sur le bourgeonnement apparaît dès sa première application et dépasse de beaucoup celle de toutes les glandes que nous avons expérimentées. On assiste alors à une éclosion de bourgeons si intense, qu'une plaie de 4^{cm} de diamètre et de 3^{cm} de profondeur, intéressant l'os, se comble entièrement en 12 à 15 jours. A mesure que la plaie se remplit avec cette rapidité surprenante, le liséré épidermique s'élargit de plus en plus et avance rapidement du pourtour de la plaie vers le centre. On pouvait observer sur les animaux, sur lesquels nous avons pratiqué quatre plaies, dont une témoin, et trois autres couvertes respectivement par la pulpe des testicules et des glandes surrénale et thyroïde, toute une gamme de bourgeonnements. Au moment où la plaie-témoin restait encore très profonde, formant un cratère largement ouvert, les plaies qui avaient reçu la pulpe de thyroïde et de surrénale étaient à moitié comblées. Quant à la plaie couverte par la pulpe testiculaire, non seulement elle était déjà entièrement remplie, mais les bourgeons, souvent, dépassaient la surface cutanée.

Nous avons eu recours, dans nos expériences, à des testicules de provenances diverses et ce sont ceux de jeunes béliers d'un an qui donnèrent les meilleurs résultats. Les applications n'ont pas besoin d'être faites plus

souvent que tous les 3 ou 4 jours, le temps nécessaire à la résorption complète de la pulpe.

Par quel mécanisme ces pulpes testiculaires agissent-elles ? Tout d'abord nous nous sommes rendu compte que leur action est strictement locale. Elles agissent sur la plaie même, sur le tissu conjonctif en excitant directement sa croissance, mais non pas en relevant l'énergie vitale de tout l'organisme. En effet la plaie-témoin présentait un bourgeonnement normal et nullement accéléré par l'effet de la résorption de la pulpe testiculaire appliquée sur une autre plaie du même animal. Nous avons eu en outre une preuve plus démonstrative encore. Nous avons expérimenté, entre autres, sur quelques brebis qui ont été amenées par des réfugiés des environs de Soissons. C'étaient de misérables bêtes qui avaient beaucoup souffert par manque de nourriture et par fatigue. Les plaies-témoins sur ces animaux restaient, au bout d'un mois, telles qu'elles étaient les premiers jours, sans aucune tendance au bourgeonnement; on voyait toujours au fond de la plaie la surface de l'os qu'on avait dénudé. Et cependant la plaie couverte par la pulpe de jeunes testicules était comblée au bout de 15 à 20 jours, donc les pulpes testiculaires exercent une action *locale* sur la plaie même.

Quel en est le processus intime ? Les parcelles de la glande ne se greffent pas : on ne les retrouve plus au bout de 4 à 5 jours. Les biopsies qui ont été faites par M. Gabriel Petit ont montré qu'au bout de quelques jours on ne retrouve plus de cellules glandulaires. La plaie a résorbé ces cellules, elle s'est imbibée des sécrétions qu'elles contenaient, sécrétions qui possèdent, comme on le sait depuis Brown-Séquard, une action stimulante sur les fonctions de l'organisme.

Il est possible que cette méthode rende quelques services aux blessés.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 SEPTEMBRE 1918.

PRÉSIDENCE DE M. P. PAINLEVÉ.

CORRESPONDANCE.

MM. **M. Gariel** et **C. Tossizza** adressent des remercîments à l'Académie pour les distinctions accordées à leurs travaux.

Mme Vve **A. Laurent** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux de son mari.

ANALYSIS SITUS. — *Démonstration de la propriété fondamentale des courbes de M. Jordan.* Note de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Painlevé.

Une courbe de M. Jordan est un ensemble plan Γ dont les points correspondent à ceux d'une circonférence, chacun à chacun, avec réciprocité et continuité. La propriété fondamentale de ces courbes est de diviser le plan en deux régions. Je me propose d'indiquer une démonstration de ce théorème.

Lemme I. — P *étant un polygone simple et* A, B, C, D *quatre de ses points, rencontrés successivement quand on parcourt* P *dans un certain sens, si* (AC), (BD) *sont deux ensembles continus n'admettant ni l'un ni l'autre de points à l'intérieur d'une et même région limitée par* P, (AC) *et* (BD) *ont au moins un point commun.*

On démontre d'abord le lemme dans le cas où (AC) est une ligne polygonale simple n'ayant avec P d'autres points communs que ses extrémités. On passe ensuite aisément au cas général.

Lemme II. — *Le polygone simple* P *et la courbe de Jordan* Γ *étant supposés sans points communs, si* A, B, C, D *et* A′, B′, C′, D′ *sont respectivement quatre points de* P *et quatre points de* Γ, *si* (AA′), (BB′), (CC′), (DD′) *sont quatre continus deux à deux distincts et n'ayant en commun avec* P *et* Γ *que les points servant à les désigner, l'ordre mutuel des points* A, B, C, D *sur* P *et celui des points* A′, B′, C′, D′ *sur* Γ *sont identiques ou inverses.*

Le second lemme est une application aisée du premier.

Soit maintenant R une région limitée à Γ et soient M et N deux de ses points frontières. Formons avec des carrés de côté ε, un quadrillage du plan et considérons le polynome simple Π limitant un domaine contenant un certain point de R indépendant de ε, et formé de carrés appartenant à R. Tout point de Γ est distant de Π de moins de 2ε. Soient respectivement M′ et N′ les sommets de Π les plus voisins de M et N. Soient H et C deux sommets de Π séparés sur ce polygone par M′ et N′. Si H_1, K'_1, M'_1, N_1 sont les points de Γ les plus voisins respectivement de H, K, M′, N′, et si les distances de H et de K à M′ et à N′ surpassent 4ε, les points H_1 et K_1 sont, en vertu du second lemme, séparés sur Γ par les points M'_1, N'_1. Laissant fixe K, faisons coïncider H successivement avec tous les sommets de Π séparés de K par M′ et N′. Nous déterminons sur l'arc $M'_1 H_1 N'_1$ de Γ une chaîne ponctuelle de pas inférieur à 5ε et dont tous les points sont distants de R de moins de 2ε. De là deux conséquences :

Théorème I. — *Toute région du plan limitée à* Γ *admet la totalité de* Γ *pour frontière.*

Théorème II. — *Quel que soit le nombre positif* η, *si* M *et* N *sont deux points quelconques de* Γ, *et si* R *est une région limitée à* Γ, *il est possible, pour chacun des deux arcs* MN *de* Γ, *de former une ligne brisée simple* λ *entièrement contenue dans* R *et telle que la distance à la ligne* λ *de tout point de l'arc* MN, *et la distance à l'arc* MN *de tout point de la ligne* λ *soient inférieures à* η.

En particulier, si un arc MN de Γ et deux points M′, N′ de R sont intérieurs à un cercle *c*, et si les segments rectilignes MM′, NN′ sont (sauf pour leurs origines) dans R, M′ et N′ peuvent être joints par une ligne brisée contenue dans R et dans *c*.

Conséquence. — *Une courbe de Jordan contenant un arc rectiligne* MN *divise le plan en deux régions au plus.*

Car le segment de droite MN n'a que deux voisinages distincts.

Une telle courbe Γ_1 divise d'ailleurs le plan en deux régions. Car si α et β sont infiniment voisins du milieu de MN et de part et d'autre de ce segment, il n'est pas possible de joindre α à β par une ligne polygonale simple sans rencontrer Γ_1. Sinon cette ligne polygonale accrue du segment $\alpha\beta$ donnerait un polygone ϖ dont les deux régions contiendraient l'une M, l'autre N. Or, ces deux points seraient joints par l'arc non rectiligne MN de Γ_1 sans rencontrer ϖ, ce qui est absurde.

La démonstration du théorème de M. Jordan est maintenant aisée.

Soient A un point de Γ et c un cercle de centre A ne contenant pas la totalité de Γ. Il existe un cercle c_1 concentrique à c et tel que, si B est un point quelconque de Γ intérieur à c_1, un des deux arcs AB de Γ est dans c. Le lecteur verra sans peine la possibilité de déterminer une corde MN de Γ, extérieure au cercle c, ainsi que l'un des arcs MN sous-tendu par elle (une corde de Γ est un segment de droite MN ayant en commun avec Γ les points M et N, et eux seulement). Soit Γ_1 la courbe de Jordan formée de l'arc MAN de Γ et de la corde MN. Γ_1 divise le plan en deux régions.

En vertu du théorème I, toute région de Γ et de Γ_1 pénètre dans c_1. En vertu du théorème II, toute région de Γ coïncide dans c_1 avec une région de Γ, et réciproquement. Car, si H et K sont deux points intérieurs à c_1 et appartenant à une même région de Γ, ils peuvent être joints, sans rencontrer Γ, par un chemin intérieur à c. Γ et Γ_1 coïncidant à l'intérieur de c, H et K sont dans une même région de Γ_1. Et réciproquement. Donc, Γ comme Γ_1 divise le plan en deux régions.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les lois de Curie et de Haüy.* Note (1) de M. **Carlo Viola.**

Je me propose de montrer dans cette Note qu'il est possible de passer de la loi de Curie à celle de Haüy.

Observons tout d'abord que les constantes capillaires des faces d'un cristal étant diverses, nous pourrons choisir quatre faces, dont les constantes capillaires sont les plus petites. Soient a, b, c, o telles faces prises de manière qu'à trois elles ne forment pas une zone. Soient respectivement σ_a, σ_b, σ_c, σ_o leurs aires spécifiques, et p_a, p_b, p_c, p_o leurs accroissements nor-

(1) Séance du 5 août 1918.

maux. Les aires spécifiques σ_a, σ_b, σ_c ne sont rien d'autre que les projections obliques de σ_o respectivement sur les faces a, b, c, de manière que la relation

$$\sigma_o = \sigma_a + \sigma_b + \sigma_c \tag{1}$$

soit justifiée, en employant la somme géométrique des vecteurs.

Le même procédé est applicable à une autre face quelconque du cristal, dont soit σ_r l'aire spécifique et p_r l'accroissement normal. Soit respectivement σ_{ra}, σ_{rb}, σ_{rc} les projections obliques de σ_r sur a, b, c, on a

$$\sigma_r = \sigma_{ra} + \sigma_{rb} + \sigma_{rc}. \tag{2}$$

Or σ_{ra}, σ_{rb}, σ_{rc} sont multiples des aires respectivement σ_a, σ_b, σ_c, de sorte que, étant donnés trois nombres h_r, k_r, l_r, nous avons les égalités

$$\sigma_{ra} = h_r\sigma_a, \qquad \sigma_{rb} = k_r\sigma_b, \qquad \sigma_{rc} = l_r\sigma_c \tag{3}$$

et, par conséquent,

$$\sigma_r = h_r\sigma_a + k_r\sigma_b + l_r\sigma_c. \tag{4}$$

D'autre part, si nous appelons p_{ra}, p_{rb}, p_{rc} les projections obliques de p_r respectivement sur p_a, p_b, p_c, on aura

$$p_r = p_{ra} + p_{rb} + p_{rc}. \tag{5}$$

En substituant les expressions (1) et (2) dans la formule

$$\frac{p_1}{\sigma_1} = \frac{p_2}{\sigma_2} = \frac{p_3}{\sigma_3} = \ldots = \frac{p_n}{\sigma_n} = \mathrm{M}'''$$

de la loi de Curie (¹), on obtient

$$\frac{p_r}{\sigma_r} = \frac{p_{ra} + p_{rb} + p_{rc}}{h_r\sigma_a + k_r\sigma_b + l_r\sigma_c} = \mathrm{M}''';$$

p_{ra}, p_{rb}, p_{rc} sont indépendants entre eux, comme le sont les nombres h_r, k_r, l_r entre eux.

Il en résulte les trois relations suivantes :

$$p_{1a} : p_{2a} : p_{3a} : \ldots : p_{na} = h_1 : h_2 : h_3 : \ldots : h_n,$$
$$p_{1b} : p_{2b} : p_{3b} : \ldots : p_{nb} = k_1 : k_2 : k_3 : \ldots : k_n,$$
$$p_{1c} : p_{2c} : p_{3c} : \ldots : p_{nc} = l_1 : l_2 : l_3 : \ldots : l_n,$$

(¹) Cf. *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 342.

où il est entendu que les nombres h, k, l sont premiers entre eux, telle étant la conséquence de ce qu'ils signifient.

Ces relations signifient simplement que : *Les composants des accroissements selon les directions d'accroissement minima, normales respectivement à trois faces fondamentales, sont proportionnels aux indices des faces respectives.* Voilà la loi qui prend le nom de Haüy, et qui est aussi connue sous le nom de *loi des indices rationnels simples*.

La méthode employée ici pour arriver à la loi de Haüy nous enseigne qu'elle n'est pas différente de la loi de Curie, quoique son énoncé la fasse paraître différente. La première se fonde sur les aires spécifiques, sur les densités ou sur les constantes capillaires des faces sans considérer d'autres relations. La seconde se fonde sur trois faces fondamentales d'accroissement, ou des constantes capillaires minima. Par conséquent les deux lois coïncident parfaitement; leur contenu est identique. La loi de Haüy sur les indices simples serait privée de sens, si le rapport du cristal n'était pas pris sur les faces d'accroissement minima, c'est-à-dire sur les faces dominantes.

On devrait donc désormais appeler la loi fondamentale des cristaux *loi Haüy-Curie*, qui détermine la figure normale des cristaux ; et chaque figure de cristal, dans laquelle cette loi est en défaut, est anormale : tel est le cas des cristaux à faces *vicinales*, des *polyédries* de faces.

GÉOPHYSIQUE. — *A propos de la* ferrisphère. Note (¹) de M. **A. Guébhard**, transmise par M. Douvillé.

Lorsque, après avoir remarqué que la première croûte de scories à la surface du sphéroïde incandescent de Laplace n'avait pu être renforcée que par une substance surnageant sa propre fonte, je fus induit à donner à cette armature interne le nom de *ferrisphère*, à cause de la propriété caractérisée qu'a le fer de se dilater au moment de sa solidification à la manière de l'eau (²),

(¹) Séance du 2 septembre 1918.

(²) Il est remarquable que, par la seule étude optique de la surface de la Lune, M. P. Puiseux [*Sur la différence fondamentale entre l'orogénie lunaire et l'orogénie terrestre* (*A. F. A. S.*, t. 33, 1905, p. 111-116)] ait été amené, bien avant moi pour la Terre, à cette comparaison de « glaçons soudés », qui, rapprochée de l'absence de toutes traces d'érosion et de plissements, vient encore en corroboration de la conclusion que j'avais tirée (*L'Astronomie*, t. 32, 1918, p. 209) de la seule absence de

j'aurais dû spécifier qu'il ne pouvait s'agir d'une coque *de fer*, mais seulement *ferrugineuse*. En effet, le fer ayant pour densité 7,85, la logique du raisonnement eût impliqué, pour le reste de la pyrosphère, une densité supérieure, passant plus ou moins brusquement à celle du noyau des métaux lourds, au-dessus de 20 (22 pour le tungstène!). D'où la nécessité ([1]), pour accorder cela avec la densité 5,52 reconnue à notre globe dans son ensemble actuel, d'accroître au détriment de la ferrisphère l'épaisseur du revêtement lithosphérique dans des proportions peu conciliables avec les vraisemblances acquises à ce jour.

Heureusement diverses données physiques concourent à limiter l'indétermination des jeux de calcul qu'on pourrait faire à ce sujet. S'il est permis, en effet, de regarder les météorites comme des restes de ferrisphères éclatées, leur densité, inférieure à 5, et la complexité de leur composition, où n'entrent *que* des éléments terrestres, mais pas *tous* ces éléments, nous avertissent que le magma qui les a formés ne devait nullement avoir la densité élevée du fer pur. Sans doute, il est à croire aussi que, soit au moment de l'explosion planétaire, soit à la pénétration dans notre atmosphère, des dégagements ou absorptions de gaz ont dû modifier la structure physique ou chimique, ainsi qu'il advient des laves, dont la densité 3 est certainement fort inférieure à celle qu'elles ont en profondeur, sous

---

toute glaciation hydrique [P. Puiseux, *La Lune a-t-elle jamais passé par une période glaciaire?* (*L'Astronomie*, t. 30, 1916, p. 113-124)] quant à la précocité probable de la résorption physique de l'atmosphère lunaire, qui a laissé sous nos yeux un exemple instructif d'écorce primitive n'ayant jamais servi de siège qu'à la première, tout au plus, des deux ères sédimentaires distinguées par ma Note du 29 avril 1918.

([1]) A moins d'admettre l'existence d'un vide, annulaire ou central, en faveur duquel des raisons diverses, très distinctes de celles qui m'ont paru applicables à la Lune, ont été récemment émises par des auteurs distingués (A. Souleyre, *La structure des planètes*, in-8°, 112 pages. Bône, août 1917. — W.-H. Herdsman, *A new Theory of the Earth's Structure, geologically considered*, in-8°, 16 pages. Glascow, mars 1917). Pour la Lune, il est clair que la faible densité de 3,27 s'accorde avec l'hypothèse d'un vide sous-cortical où la rétraction finale en *barysphère* de la portion non foisonnante de la *pyrosphère* primitive aurait rappelé les derniers vestiges réaspirés de l'atmosphère supérieure, en ne laissant subsister, comme revêtement externe de la coque ferrugineuse scoriacée, que les produits anhydres de la longue phase, surtout alcaline, de la condensation liquide, puis solide, des substances plus fusibles que le fer.

la pression formidable de colonnes manométriques traversant la double épaisseur de la ferrisphère et de la lithosphère ([1]).

Or le fait que certaines de ces laves, en se refroidissant sous nos yeux, s'engainent dans une croûte superficielle, à l'intérieur de laquelle elles conservent longtemps leur fluidité, leur chaleur, et même leurs propriétés magnétiques, suffit à répondre à notre postulatum initial, en montrant que des produits ferrugineux plus légers que le fer, ont pu donner naissance à la *ferrisphère*. Toute latitude subsiste donc pour emplacer celle-ci à la

Schéma synoptique de la constitution du Globe (hauteurs fortement exagérées).

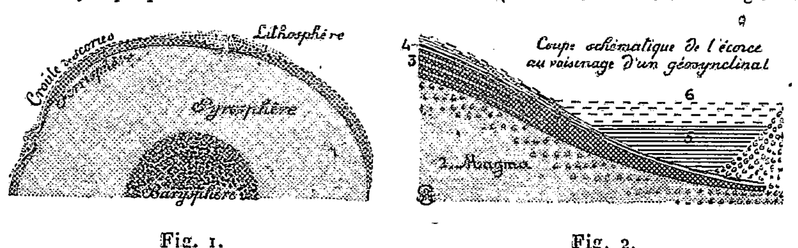


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1 et 2. — 1, barysphère; 2, pyrosphère ou magma liquide ; 3, coque ferrugineuse sous croûte de scories fissurée en plaques continentales à bords défléchis par la double surcharge des éjections volcaniques et des apports sédimentaires, d'abord exogènes, anhydres, surtout alcalins (5), puis deutogènes, aqueux (6).

distance relativement faible où ont fait présumer l'existence d'un plancher résistant élastique les investigations les plus diverses : étude du radium, de la propagation des sismes, du phénomène des variations de lati-

([1]) Les manifestations hydrothermales étant une attestation permanente de la hauteur à laquelle se maintiennent, même dans les cheminées obturées, les colonnes montantes de la chaudière interne, peut-on concevoir l'existence à l'état libre, sous des pressions de plusieurs dizaines de milliers d'atmosphères, de vapeurs quelconques, susceptibles de jouer le rôle que leur imputent trop facilement maintes théories? Même si les études remarquables exécutées sur place par M. Albert Brun (*Recherches sur l'exhalaison volcanique*, Genève, 1911) n'avaient pas fait justice de toutes les fictions en cours sur le rôle de la vapeur d'eau, n'était-il pas plus naturel d'attribuer aux accidents pariétaux de la dernière partie d'un trajet aussi long que compliqué, les dégagements gazeux, qui détournent l'attention des lentes bavures du type hawaïen, seul indicateur direct et continu du foisonnement intérieur? D'autre part, au lieu d'expliquer par des accumulations de gaz sous cloches la diminution de la gravité au centre des boucliers continentaux, n'est-il pas plus simple d'admettre avec M. Cl.

tude (¹), etc. C'est pourquoi, sans aucune prétention à la rigueur, et en tenant compte seulement au mieux des indications connues, il nous a paru possible de résumer dans les schémas (*fig.* 1-2) l'ensemble de nos aperçus personnels sur la constitution présente du globe terrestre.

GÉOLOGIE. — *Sur le Pléistocène marin de la Chaouia (Maroc occidental).* Note (²) de M. LECOINTRE, présentée par M. Émile Haug.

Les explorations de M. Gentil ont montré que la plus grande partie des grès calcaires qui forment la couverture littorale de la Meseta marocaine (Chaouia-Doukkala) appartenait au Pliocène et que cet étage est représenté à Casablanca. Toutefois les auteurs s'accordent à reconnaître que le Pliocène est frangé le long du littoral par des grès quaternaires. J'ai montré (³) qu'une partie tout au moins des grès calcaires de Rabat devait être considérée comme pléistocène.

Dans une précédente Note (⁴), j'ai décrit les gisements que j'ai été à même d'examiner aux environs de Casablanca; si l'on étudie leur faune on peut les grouper ainsi :

1° Un groupe (ABC) caractérisé par la présence, au milieu d'espèces banales de la faune méditerranéenne, de deux espèces tropicales : *Calyptra (Trochita) radians* Lamk., vivant actuellement au cap Vert et sur la côte ouest de l'Amérique du Sud, et *Acanthina crassilabrum* Lk., connu seulement des côtes du Chili septentrional et du Pérou. Bien qu'on doive se méfier des caractères négatifs, je ferai remarquer que ces gisements n'ont donné ni *Patella safiana* ni *Purpura hæmastoma*, coquilles solides, faciles à reconnaître, même à l'état de fragments et qui abondent dans les autres gisements.

Gaillard [*Sur les mouvements de l'écorce terrestre et leurs causes (Annales Soc. linnéenne de Lyon*, t. 58, 1911, p. 163-172)] que c'est là que viennent s'appliquer, par le seul jeu des densités, les éléments les plus légers du magma, tandis que la diversité des profondeurs où s'amorcent les émonctoires suffit à expliquer la variété des éruptions?

(¹) Il est à noter que, dans notre théorie, l'automatisme hydraulique du déplacement des pièces flottantes de la carapace articulée explique *de plano* les très petites variations de coordonnées, dont il a été tiré ailleurs de très grandes conséquences.

(²) Séance du 2 septembre 1918.

(³) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 719.

(⁴) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 375.

L'altitude maximum à laquelle cette faune a été rencontrée est 80^{m} (carrière du Maarif) et l'aspect du gisement semble indiquer le voisinage très proche du littoral.

2° Une ligne de rivage à 30^{m} bien caractérisée par la terrasse de galets qui fait une ceinture à la colline d'Anfa (C).

3° Le calcaire gréseux des Roches Noires et son poudingue de base (D) montrent à peu de chose près la faune des plages soulevées, avec *Purpura hæmastoma* et *Patella safiana* abondants. Le sommet de ce calcaire est à 20^{m} et il semble avoir été déposé sous une tranche d'eau d'assez faible profondeur.

4° Les grès coquilliers d'El Ang et de Fedhala présentent en abondance *Eutritonium doliarium*, *Purpura hæmastoma* et *Patella safiana*, leur faune est d'ailleurs uniquement composée d'espèces vivant actuellement sur la côte ouest du Maroc. Il est visible par l'observation directe que les plages soulevées de 6^{m} leur sont postérieures. Je ne sais encore s'il faut les considérer comme un faciès de plage basse du niveau de 12^{m} ou si l'on doit les rattacher à un niveau supérieur.

5° Enfin, la faune de plages soulevées de 12^{m} et 6^{m}, ne peut se distinguer de la faune actuelle du Maroc que par la grande fréquence de *Purpura hæmastoma* en beaux échantillons.

Cette espèce, qui vit encore en abondance au Sénégal, semble en voie de disparition sur les côtes du Maroc, de même que dans le golfe de Gascogne, où elle n'a plus été rencontrée vivante depuis bien des années [1] et où l'on ne rencontre que rarement des exemplaires frais. Tout au plus pourrait-on signaler la présence dans le niveau de 12^{m} d'un exemplaire de *Cancellaria* (*Solatia*) *piscatoria*, espèce tropicale.

Coordination. — Si maintenant, en se basant simplement sur l'altitude de ces divers gisements, on cherche à les rattacher aux divers étages que M. Depéret a proposés dans une récente Note [2], on arrive à la coordination suivante :

1° La plage de 6^{m} de Casablanca et Fedhala se rattache au niveau de 6^{m} signalé par lui dans la Méditerranée, ainsi qu'au Portugal : cap d'Espichel [voir Dollfus et Choffat [3]].

2° La plage de 12^{m} correspond à la plage de 10-14^{m} signalée à Larache (Brives) et à Agadir [Kilian et Reboul [4]]. *Cancellaria piscatoria* lui donne un cachet déjà nettement africain, lequel est encore plus accentué à Agadir, situé plus au Sud.

---

(1) Dautzenberg, *Renseignement verbal.*

(2) Depéret, *Essai de coordination chronologique des temps quaternaires* (*Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 480-486 et 636-641).

(3) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, t. 4, p. 739-752.

(4) Kilian, *Géologie des environs d'Agadir* (*C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 1917, p. 35).

3° Le gisement des Roches Noires (20^m). Il correspond probablement au Monastirien, étage dans lequel on trouve en Méditerranée la faune marine à Strombes en plages de faible altitude, associée à l'*Elephas antiquus* [1]. Seulement au Maroc on n'a pas encore trouvé de Strombes, bien que Ramsay et Geikie [2] aient trouvé l'*Elephas antiquus* à Tanger, dans un dépôt marin à l'altitude de 4-5^m environ.

4° La terrasse de galets de 30^m se rattacherait par son altitude à l'étage tyrrhénien de la Méditerranée.

5° La faune à *Trochita radians* et *Acanthina crassilabrum* (alt. max. 80^m) pourrait correspondre au Sicilien ?

Cette manière de voir se heurte à plusieurs difficultés : d'abord il faudrait admettre qu'au Maroc, non loin du détroit de Gibraltar, sur une côte exposée au N.-W., aurait existé une faune à cachet méditerranéen présentant des espèces tropicales, pendant qu'au Portugal et en Méditerranée la faune présentait un caractère atlantique nord (Sicilien). De plus, la ligne de rivage semble peu supérieure à 80^m; en effet, les *Trochita radians* du Maarif semblent en place, avec leur face inférieure toujours collée aux rochers de quartzite ou aux galets, ce qui limite la tranche d'eau qui les surmonte.

Une remarque analogue s'applique au gisement des Roches Noires, qui, bien que contenant *Siphonaria Algesiræ* (*roulé*), n'est pas à son altitude maximum; il faut en effet faire la part de l'érosion, de sorte que je préférerais admettre que ce gisement, bien que peu profond, fut déposé sous une tranche d'eau de 10^m environ.

En envisageant les choses de ce point de vue, on peut admettre que, par suite de causes locales, les mouvements épirogéniques ont porté ces gisements à une altitude supérieure à celle qu'ils ont dans la Méditerranée et que la faune à *Trochita radians* et *Acanthina crassilabrum* correspond au Milazzien de la Méditerranée (niveau de 55-60^m), lequel représente dans cette mer une faune plus chaude que celle qui la peuple actuellement.

La terrasse de galets d'Anfa et les calcaires gréseux des Roches Noires à *Elephas antiquus* serait alors du Monastirien surélevé d'une dizaine de mètres.

---

(1) BOULE, *Les grottes de Grimaldi* (*Baoussé Raoussé*), t. 1, fasc. 2. — JOLEAUD, *Sur les Éléphants quaternaires d'Afrique* (*Bull. Soc. d'Hist. nat. de l'Afrique du Nord*, t. 10, n° 5, 15 mai 1914, p. 130-134).

(2) *The Geology of Gibraltar* (*Quart. Journ. geol. Soc. London*, t. 5, n° 34, 1878, p. 514-515).

Quoi qu'il en soit, mes observations posent deux problèmes :

D'abord comment ces deux espèces littorales de faune chaude, *Acanthina crassilabrum* et *Trochita radians*, dont la dernière seulement a été retrouvée vivante dans l'archipel du cap Vert, ont-elles pu se répandre jusqu'aux côtes du Pérou (ou en provenir) sans qu'on en trouve trace sur les côtes orientales de l'Amérique, et alors que l'isthme de Panama semble fermé depuis la surrection de la chaîne alpine? L'étude des formations pléistocènes de la pointe méridionale de l'Amérique donnera peut-être la solution.

Enfin, on ne peut qu'être surpris qu'aucun géologue n'ait encore rencontré au Maroc le *Strombus bubonius* Lk. (= *S. mediterraneus* Duclos) qui, vivant actuellement dans la région sénégalienne, semble avoir dû provenir de l'Atlantique, pour se répandre dans la Méditerranée pendant l'époque dite *des couches à Strombes* (Tyrrhénien et Monastirien de M. Depéret). Toutefois il faut attendre que l'exploration géologique du Maroc soit plus avancée pour tirer des conclusions de ce fait tout négatif.

PARASITOLOGIE. — *Grandes lignes de la répartition géographique des zones anophéliques dans le sud-est de la France et méthode d'étude*. Note de M. **L. Léger**, présentée par M. Laveran.

L'étude de la répartition géographique des Anophèles dans le sud-est de la France (région comprise à l'est du Rhône) présente un grand intérêt en raison de la variété orographique et climatérique de cette région. Hautes montagnes, plateaux élevés, collines arides, vallées larges ou profondément encaissées, zones périlacustres, zones littorales et deltas, tous ces différents aspects de paysages correspondent à autant de conditions de milieu différentes pour chacune desquelles il est important de rechercher la présence et le mode de distribution des Anophèles et, lorsqu'il y a lieu, leur relation avec des manifestations de paludisme anciennes ou actuelles.

Bien que nous n'ayons pas terminé notre exploration de cette vaste région nous pouvons cependant déjà dégager de nos recherches un ensemble de faits qui montrent que, bien que les Anophèles soient répandus un peu partout et fort disséminés, leur répartition et, le cas échéant, celle des foyers paludiques dans un territoire aussi varié, n'est pas quelconque. Elle est en quelque sorte en relation avec l'orographie du pays; et, à ce point de vue, nous pensons qu'on peut apporter de la méthode dans ce genre de recherches en classant géographiquement les gîtes ou plutôt les zones à gîtes de la façon suivante :

1° Gîtes de fond de vallée; 2° gîtes d'embouchure ou gîtes deltaïques; 3° gîtes littoraux; 4° gîtes de plaine; 5° gîtes de plateau; 6° gîtes artificiels.

Un tel classement géographique des zones à gîtes a l'avantage de permettre, dans un temps restreint, l'exploration méthodique d'un pays de caractère très varié qui ne peut être évidemment faite mètre par mètre, en traçant les grandes lignes qui doivent être d'abord suivies par les anophélistes.

Voici, pour le Sud-Est, les principaux résultats de nos observations faites jusqu'à ce jour et effectuées d'après cette méthode.

Gîtes de fond de vallée. — Ce sont les plus répandus dans la région du Sud-Est. Dans les Alpes ils sont en général de faible importance; fréquents, lorsque la vallée s'élargit et s'étale, ils disparaissent dans les étroits et se raréfient à mesure qu'on arrive, avec l'altitude, en tête de bassin. Sur les flancs de vallée les gîtes sont nuls ou très rares et de peu d'étendue.

En dehors de la vallée du Rhône dont nous n'avons pas terminé l'étude et qui montre par places, dans les lônes herbeuses et permanentes, d'importants gîtes anophéliques surtout sur la rive gauche, en amont de Lyon et, au Sud, à partir du défilé de Donzère, nous n'avons rencontré dans tout le Sud-Est comme vallée anophélique que celle de la Bourbre et celle de l'Isère (de Saint-Quentin à Saint-Pierre-d'Albigny en passant par Grenoble) et dont les zones à gîtes correspondent, par places, à des foyers paludiques aujourd'hui éteints ou très ralentis. Les vallées de la Drôme, de l'Aygues, de la Durance sont par contre des plus salubres et ne montrent que quelques rares gîtes épars en pleine campagne.

De même les vallées de l'Argens et du Var qui ne sont franchement anophéliques que dans leur région deltaïque. Dans tous ces gîtes de vallée on trouve souvent réunis *A. bifurcatus* et *A. maculipennis*, le premier plus précoce (nous avons été piqués par des adultes le 1er avril), le dernier dominant en été.

Aux gîtes de fond de vallée se rattachent la plupart des gîtes situés en bordure des lacs dans la zone marécageuse qui les entoure. On pourrait les distinguer sous le titre de *gîtes périlacustres*. Tels sont ceux du lac du Bourget (ancien foyer paludique), d'Aiguebelette (ancien foyer paludique), de Paladru et du Bout-du-Lac d'Annecy.

Gîtes deltaïques. — Les gîtes deltaïques méditerranéens, où domine l'*A. maculipennis*, sont d'un grand intérêt, car ils correspondent pour la plupart, sans doute en raison du climat, à des foyers paludiques anciens ou actuels. Voici, en dehors de la Camargue, qui sera l'objet d'une étude spéciale, ceux que nous pouvons signaler jusqu'ici :

Gîtes de la Môle, au fond du golfe de Saint-Tropez;

Gîtes de l'Argens, à l'ouest de Fréjus;

Gîtes de la Siagne, à la Bocca, près Cannes;

Gîtes du Bas-Var, entre Cagnes et Nice.

Gîtes littoraux. — Nous n'en avons jusqu'ici étudié qu'un seul fort important : c'est le gîte de la plage d'Hyères (ancien foyer paludique), où pullulent les Anophèles sur une vaste étendue. Les larves (*A. maculipennis*) s'y rencontrent même dans l'eau salée avec de la faune marine.

Gîtes de plateau. — Nous en avons rencontré en trois régions différentes :

Plateau des terres froides (étangs) au nord de La Côte-Saint-André (altitude 500^m); ancien foyer paludique aux environs de Commelle;

Plateau du Vercors (marais) (altitude 1000^m);

Plateau de la Mure (marais et gîtes périlacustres, lacs de Laffrey) (altitude 900^m);

Plateau du Luitel au sud de Grenoble (altitude 1235^m).

Ces trois derniers gîtes, quoique riches en Anophèles (*A. maculipennis* et *A. bifurcatus*), ne paraissent pas avoir déterminé des foyers de paludisme, sans doute en raison de leur altitude.

Gîtes de plaine. — A part la plaine de la Crau, dont l'étude anophélique n'est pas encore faite, la région du Sud-Est ne comporte pas de grandes plaines palustres comme dans certaines régions du Centre; de sorte que ces types de gîtes y sont rares.

Gîtes artificiels. — Les gîtes artificiels, créés par la main de l'homme dans des conditions topographiques les plus diverses, canaux herbeux à cours lent, bassins d'arrosage ou d'agrément, ruisseaux, petits étangs, etc., sont, par contre, assez fréquents un peu partout, surtout au voisinage des villes et des bourgades.

Certains, notamment autour des grandes villes du Midi (Marseille, Hyères, Nice), sont de véritables réservoirs d'Anophèles où domine l'*A. maculipennis*. Nous nous sommes efforcé de les déceler surtout dans le voisinage des locaux consacrés aux Paludéens.

En résumé et considérée dans son ensemble, la région du Sud-Est, bien que les Moustiques y soient fréquents surtout dans le Midi, et malgré quelques foyers littoraux autrefois ou encore aujourd'hui paludiques (Camargue, Hyères-plage, deltas de l'Argens, de la Siagne et du Var), nous apparaît, comparée aux autres parties de la France, comme une région relativement peu anophélique. On peut dire qu'en dehors des vallées et des zones littorales précitées et sans doute encore de quelques points de l'intérieur qu'il nous reste à localiser, elle offre, avec ses massifs montagneux et ses arides collines provençales qui s'avancent souvent jusqu'à la mer, une vaste étendue où le paludisme a le moins de chance de s'implanter ou de s'étendre au contact de porteurs de germe.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Mécanisme et rôle pathogénique de la raréfaction osseuse précoce dans la genèse des pseudarthroses.* Note de M. R. Leriche et A. Policard, présentée par M. Roux.

Il y a un grand intérêt à analyser très précocement les causes des pseudarthroses consécutives aux blessures de guerre. Jusqu'ici on s'est borné à les étudier tardivement, dans des centres loin du front, après des passages successifs dans divers hôpitaux et souvent après un temps plus ou moins long de suppuration. On a été ainsi conduit à des conclusions d'ordre très général fort incomplètes n'apportant que d'insuffisantes précisions au sujet du mécanisme. Faisant de l'anatomie pathologique au seul stade terminal, on a été amené à créer certaines entités artificielles comme l'atrophie osseuse à laquelle on ne sait au juste quelle explication donner. Il ne pouvait en être autrement. Au stade où l'on observait, les conditions d'analyse sont tout ce qu'il y a de plus défectueuses. Comment, après cinq ou six mois de suppuration ou de traitements variés, faire la part de ce qui revient au traumatisme, à l'acte opératoire, au traitement consécutif, à l'infection ou au vice de réduction? Si l'on veut vraiment solutionner la question, il faut prendre le problème par un autre bout et étudier le plus tôt possible après le traumatisme et au jour le jour pour ainsi dire les conditions d'arrêt de l'ostéogonèse.

C'est ce que nous avons fait depuis deux ans. Nous avons pu ainsi mettre en évidence un certain nombre de causes entravant précocement l'ossification réparatrice.

Une d'entre elles nous a paru jouer un rôle particulièrement important, non seulement parce qu'elle semble tenir une place prépondérante dans la détermination des pseudarthroses, mais encore parce qu'elle donne l'explication de certaines constatations opératoires qui ont beaucoup intrigué les chirurgiens. C'est elle que nous voulons indiquer ici.

On sait que dans la réparation des fractures deux phénomènes fondamentaux interviennent. L'un est constructif d'os : c'est la poussée osseuse dont nous ne nous occuperons pas. L'autre est au contraire destructif d'os : c'est sur lui que nous attirerons l'attention. Il est essentiellement caractérisé par le processus suivant :

Immédiatement après la rupture de la continuité de la colonne osseuse, la paroi des canaux de Havers est soumise à une action résorbante de la

part du contenu conjonctif de ces conduits. Le diamètre des canaux augmente; il y médullisation de l'os. Cette attaque est précoce; elle s'étend assez loin de la surface de rupture. Elle est fonction du bon état physiologique du contenu des canaux de Havers; elle n'a pas lieu quand ce contenu est altéré ou nécrosé. C'est donc seulement l'os bien vivant qui subit la raréfaction. Cette résorption semble se faire pour une notable partie sans l'intervention des ostéoclastes. Ceux-ci sont présents mais en nombre très réduit eu égard surtout à l'intensité du phénomène de résorption.

La raréfaction osseuse qui en résulte n'est, au début, décelable qu'histologiquement, par l'augmentation du diamètre des canaux de Havers. Mais le chirurgien averti peut la saisir cliniquement assez vite. L'os tend en effet à devenir rouge et plus tard prend une consistance moins dure; il devient poreux.

Dans certains cas la résorption s'exerce avec une particulière intensité, notamment dans les fractures à fragments multiples, quand les esquilles restent attachées aux muscles en ayant perdu, par rupture de leur périoste personnel, toute connexion avec le périoste diaphysaire général. Dans ces cas, quand on n'a pas pu reconstituer opératoirement le cylindre périostique diaphysaire et créer ainsi un tube dont le contenu ossifiable donnera de l'os, on observe de bonne heure, à la radiographie, une raréfaction progressive de l'os avec augmentation des espaces interfragmentaires, sans qu'il se produise ni suppuration ni élimination de séquestre. En quelques semaines, le semblant de continuité réalisé par les fragments juxtaposés a disparu.

Par ailleurs, cette raréfaction osseuse qui commence à attaquer l'os compact des fragments, s'étend à l'os nouveau formé dans le foyer osseux et finalement une véritable perte de substance se réalise sans qu'il demeure la moindre tendance à la réparation; ainsi se trouve réalisée la pseudarthrose avec une atrophie osseuse irrémédiable spontanément.

Nous pensons que la cause fondamentale de cette raréfaction si importante doit être recherchée dans l'absence de toute excitation fonctionnelle au niveau des extrémités osseuses.

Nul n'ignore le rôle capital joué par les excitations fonctionnelles dans la physiologie des tissus de soutien. Or, dans les faits que nous envisageons, la continuité de la colonne osseuse étant interrompue, les minimes mais innombrables actions de pression et de traction qui conditionnaient le maintien de la structure de l'os ne peuvent plus intervenir. Dès lors, l'os tend à être résorbé comme est résorbé un ostéome musculaire après immobilisation,

comme disparaissent les greffes expérimentales mises sous la peau et même certaines greffes thérapeutiques faites en milieu aseptique, mais en des points et dans des conditions tels qu'aucune action fonctionnelle ne les maintient.

Au reste, les phénomènes observés sont absolument superposables à ceux que l'on retrouve à l'extrémité des diaphyses dans les moignons d'amputation; là, également, il y a formation d'os nouveau grossier et résorption d'os ancien compact.

S'il y a infection, les phénomènes sont bien plus marqués encore et la raréfaction s'ajoute à la nécrose pour créer une perte de substance. Il y a un intérêt primordial à essayer d'empêcher le processus que nous venons d'indiquer. Pour y parvenir, la thérapeutique chirurgicale doit viser au rétablissement précoce des excitations fonctionnelles, véritables gardiennes de la structure et du maintien de l'os. Mais cela n'est possible que si la continuité de la colonne osseuse est rétablie. Il faut donc de très bonne heure la réaliser par ostéosynthèse ou par greffe suivant les cas si le comblement de la perte de substance ne doit pas être rapidement assuré par de l'os nouveau d'origine périostique.

L'extrême précocité de ces phénomènes de résorption, histologiquement très apparents au quinzième jour, impose cette restauration très précoce de la colonne osseuse. Dans ces conditions, il est d'ailleurs intéressant de noter les résultats remarquables que l'on obtient par la greffe ou l'ostéosynthèse.

M. L. Reutter de Rosemont adresse deux Notes intitulées : *Contribution à l'étude de la constitution de la strychnine* et *Nouvelles méthodes d'extraction et de dosage des alcaloïdes* (¹).

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

A. Lx.

(¹) Note reçue en la séance du 19 août 1918.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 SEPTEMBRE 1918.

PRÉSIDENCE DE M. P. PAINLEVÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Émile Picard** présente en les termes suivants le Tome VIII des *Procès-Verbaux de l'Académie des Sciences :*

Le volume actuel se rapporte aux années 1824-1827. L'œuvre entreprise par l'Académie, dont l'intérêt historique est si grand, se poursuit ainsi régulièrement malgré les difficultés de l'heure présente, grâce aux soins dévoués de notre Correspondant, M. l'abbé Verschaffel, directeur de l'Observatoire d'Abbadia où se fait l'impression.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques remarques sur la décomposition en facteurs primaires et le prolongement des fonctions analytiques.* Note de M. **Émile Picard**.

1. J'ai montré il y a longtemps (¹) que la méthode de décomposition en facteurs primaires employée par Weierstrass pour les fonctions entières pouvait être étendue aux fonctions uniformes dont les racines se rapprochent indéfiniment d'une ligne donnée. J'ai considéré particulièrement le cas de la circonférence, mais l'extension est immédiate à une ligne quelconque C. Désignons d'une manière générale par z_p la racine qui se rapproche indéfiniment de C pour $p=\infty$, et soit z'_p un point de C tel que

$$|z_p - z'_p|$$

(¹) E. Picard, *Sur la décomposition en facteurs primaires des fonctions uniformes ayant une ligne de points singuliers essentiels* (*Comptes rendus*, t. 92, 1881, p. 690).

tende vers zéro, en décroissant, quand p augmente indéfiniment. Le produit envisagé était

$$(1) \qquad \prod_{p=1}^{p=\infty} \frac{z - z_p}{z - z'_p} e^{\Phi_p(z)}$$

en posant

$$\Phi_p(z) = \frac{z_p - z'_p}{z - z'_p} + \frac{1}{2}\left(\frac{z_p - z'_p}{z - z'_p}\right)^2 + \ldots + \frac{1}{p-1}\left(\frac{z_p - z'_p}{z - z'_p}\right)^{p-1}.$$

J'ai eu depuis l'occasion d'indiquer plusieurs fois, dans mon cours, des exemples particuliers. Ainsi, envisageons un arc AB d'une courbe C donnée par l'équation

$$y = f(x),$$

$f(x)$ étant une fonction continue de x qui varie entre a et b. On considère les courbes C_1, C_2, ..., C_n, ...

$$y = f(x) + h,$$

où h prend successivement les valeurs

$$\delta_1, \quad \delta_2, \quad \ldots, \quad \delta_n, \quad \ldots,$$

les δ étant des quantités positives tendant, en décroissant, vers zéro pour $n = \infty$; on suppose de plus que les différences $\delta_{n+1} - \delta_n$ décroissent aussi avec $\frac{1}{n}$.

On partage l'intervalle ab en $n+1$ parties égales, et à ces points de subdivision correspondent n points sur l'arc C_n. On obtient ainsi, n variant de 1 à ∞, un ensemble E de points, nécessairement énumérable. Ces points vont être pris comme points z_p. Prenons les points z'_p de la manière suivante : z'_p est sur la courbe C_p et a même abscisse que z_p. On peut d'ailleurs ordonner l'ensemble énumérable de points z_p, en suivant l'ordre des courbes C_1, C_2, ..., C_n, ..., les points étant pris, par exemple, sur chacune de ces courbes en allant de gauche à droite. Il est immédiat que les hypothèses faites sur $|z_p - z'_p|$ sont vérifiées.

Le produit (1), ainsi obtenu, représente manifestement une fonction ne pouvant être étendue analytiquement au delà de l'arc AB de C. De telles expressions constituent peut-être les exemples les plus simples de fonctions holomorphes en dehors d'un arc de courbe quelconque et n'étant pas susceptibles de prolongement analytique au delà de cet arc. Ces exemples peuvent être variés à l'infini. On pourrait, par exemple, opérer avec des

courbes parallèles, au lieu d'employer une translation; c'est ce que j'avais fait d'abord avec la circonférence.

2. Quand on passe d'*une* à *deux* variables, les questions de prolongement analytique deviennent singulièrement plus difficiles. Soient

$$x = x_1 + i x_2, \qquad y = y_1 + i y_2$$

les deux variables complexes. Des fonctions hyperfuchsiennes se rattachant à certaines formes quadratiques ternaires à indéterminées conjuguées donnent un exemple de fonctions uniformes de deux variables définies à l'intérieur de l'hypersphère

$$(2) \qquad x_1^2 + x_2^2 + y_1^2 + y_2^2 = 1$$

et ne pouvant être prolongées au dehors d'elle.

De même qu'une courbe quelconque, comme il a été rappelé plus haut, peut être la limite du domaine d'existence d'une fonction analytique uniforme définie d'un de ses côtés, on pouvait présumer qu'une hypersurface quelconque

$$(\mathrm{S}) \qquad \varphi(x_1, x_2, y_1, y_2) = 0$$

pouvait être la limite du domaine d'existence pour une fonction analytique de x et y définie d'un de ses côtés. Il n'en est rien, comme l'a démontré M. Élias Levi dans un travail extrêmement remarquable. Le savant géomètre italien a en effet établi à ce sujet un résultat bien inattendu. Supposons qu'il existe une fonction analytique de x et y, méromorphe dans la région de l'espace (x_1, x_2, y_1, y_2), répondant à l'inégalité

$$\varphi(x_1, x_2, y_1, y_2) > 0$$

et ne pouvant être prolongée au delà de S. Désignons par $\mathrm{E}(\varphi)$ l'expression

$$\begin{aligned}\mathrm{E}(\varphi) = &\left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial x_2^2}\right)\left[\left(\frac{\partial\varphi}{\partial y_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial y_2}\right)^2\right] + \left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial y_1^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial y_2^2}\right)\left[\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial x_2}\right)^2\right] \\ &- 2\left[\frac{\partial\varphi}{\partial x_1}\frac{\partial\varphi}{\partial y_1} + \frac{\partial\varphi}{\partial x_2}\frac{\partial\varphi}{\partial y_2}\right]\left[\frac{\partial^2\varphi}{\partial x_1\,\partial y_1} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial x_2\,\partial y_2}\right] \\ &- 2\left[\frac{\partial\varphi}{\partial x_1}\frac{\partial\varphi}{\partial y_2} - \frac{\partial\varphi}{\partial x_2}\frac{\partial\varphi}{\partial y_1}\right]\left[\frac{\partial^2\varphi}{\partial x_1\,\partial y_2} - \frac{\partial^2\varphi}{\partial x_2\,\partial y_1}\right].\end{aligned}$$

On aura nécessairement sur la surface S :

$$E(\varphi) \leqq 0.$$

Il résulte évidemment de là que la surface S ne peut être prise arbitrairement. En particulier l'hypersphère (2) ne peut être la limite pour une fonction méromorphe de x et y, définie dans la partie de l'espace qui lui est *extérieure*.

Une catégorie d'hypersurfaces paraît devoir appeler particulièrement l'attention. Ce sont celles qui correspondent aux fonctions $\varphi(x_1, x_2, y_1, y_2)$ satisfaisant à l'équation aux dérivées partielles

$$E(\varphi) = 0. \tag{3}$$

Il existe certainement dans ce cas des fonctions méromorphes définies de l'un et l'autre côtés de S, et dont le domaine est limité par S. On voit aisément que l'équation (3) est invariante pour toute substitution faite sur (x_1, x_2, y_1, y_2), qui correspond à une substitution analytique faite sur (x, y).

La distinction, que nous venons de faire, entre les surfaces frontières S, vérifiant ou non l'équation (3), correspond sans doute à une différence profonde entre les représentations analytiques dont peuvent être susceptibles les fonctions au voisinage de ces surfaces. Il y aurait là un intéressant sujet de recherches.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des équations linéaires simultanées aux dérivées partielles et sur des cas de réduction des fonctions hypergéométriques de deux variables.* Note (1) de M. **Paul Appell.**

I. Dans ce qui suit, nous désignerons par z une fonction de deux variables indépendantes x et y; par p, q, r, s, t les dérivées premières et secondes de z par rapport à x et à y.

II. Les fonctions hypergéométriques de deux variables que j'ai définies dans les *Comptes rendus* (t. 90, 1880, p. 296, 731) sont au nombre de quatre. Trois d'entre elles, F_2, F_3, F_4, lorsque leurs éléments α, α', β, β', γ, γ' sont arbitraires, vérifient chacune un système de deux équations linéaires simul-

(1) Séance du 9 septembre 1918.

tanées de la forme

$$(1)\qquad \begin{cases} r = a_1 s + a_2 p + a_3 q + a_4 z, \\ t = b_1 s + b_2 p + b_3 q + b_4 z; \end{cases}$$

les coefficients a_i, b_i sont des fonctions de x et y, choisies de telle façon qu'on ne puisse pas, par des différentiations et des éliminations, déduire des équations (1) une relation entre s, p, q et z. Dans ces conditions, comme je l'ai montré d'une manière générale, l'intégrale des équations (1) est de la forme

$$z = C_1 z_1 + C_2 z_2 + C_3 z_3 + C_4 z_4$$

avec quatre constantes arbitraires C_1, C_2, C_3, C_4. Les équations spéciales relatives à chacune des fonctions F_2, F_3, F_4 ont leurs coefficients *rationnels* en x et y; elles peuvent être intégrées à l'aide des fonctions hypergéométriques correspondantes.

La fonction F_1 vérifie un système de trois équations simultanées de la forme

$$(2)\qquad \begin{cases} r = a_1 p + a_2 q + a_3 z, \\ s = b_1 p + b_2 q + b_3 z, \\ t = c_1 p + c_2 q + c_3 z, \end{cases}$$

où les coefficients a_i, b_i, c_i sont des fonctions de x et y telles qu'on ne puisse pas, des équations (2), déduire une relation entre p, q et z. L'intégrale générale de ces équations est de la forme

$$z = C_1 z_1 + C_2 z_2 + C_3 z_3,$$

avec trois constantes (*loc. cit.*). En particulier, dans les équations que vérifie la fonction F_1, les coefficients sont rationnels en x et y : ces équations s'intègrent à l'aide de séries F_1 convenablement déterminées.

Dans ce même ordre d'idées, on peut considérer des équations simultanées de la forme

$$(3)\qquad \begin{cases} p = a_1 q + a_2 z, \\ s = b_1 q + b_2 z, \end{cases}$$

où les coefficients a_i et b_i remplissent des conditions telles que la différentiation et l'élimination ne permettent pas de déduire de (3) une relation entre q et z. Des raisonnements et des calculs analogues à ceux que j'ai employés antérieurement s'appliquent à un système tel que (3) et per-

mettent de montrer que son intégrale générale est de la forme

$$z = C_1 z_1 + C_2 z_2.$$

Enfin le cas ultime évident est celui de deux équations simultanées

$$(4) \qquad p = az, \qquad q = bz$$

où les deux coefficients a et b sont des fonctions de x et y vérifiant la condition élémentaire $\frac{\partial a}{\partial y} = \frac{\partial b}{\partial x}$, et dont l'intégrale générale

$$z = Cz_1$$

contient une constante C.

III. *Cas de réduction des fonctions hypergéométriques.* — En appliquant une idée générale sur l'irréductibilité des systèmes d'équations différentielles, on peut alors considérer les cas de réduction suivants pour les fonctions hypergéométriques de deux variables.

D'abord, pour chacune des fonctions F_2, F_3, F_4, il y aura *réduction* du premier, du second ou du troisième ordre, si, pour certaines relations établies entre les éléments α, β, α', β', γ, γ' qui y figurent, cette fonction vérifie, non seulement un système tel que (1), mais un autre système tel que (2), (3) ou (4) avec des coefficients *rationnels* en x et y. De même, pour la fonction F_1, il y aura réduction du premier ou du second ordre si, sous certaines conditions imposées aux éléments α, β, β', γ de F_1, cette fonction vérifie, non seulement un système tel que (2), mais un autre système tel que (3) ou (4) avec des coefficients rationnels en x et y.

La recherche systématique de tous ces cas de réduction est un problème très digne d'intérêt; la solution paraît en pouvoir être trouvée dans l'étude du groupe des systèmes d'équations différentielles hypergéométriques, tel qu'il a été considéré par M. Emile Picard et par M. Goursat dans leurs recherches sur l'extension de la méthode de Riemann au cas de deux variables [1].

Je me bornerai ici à donner des exemples.

---

[1] E. Picard, *Sur une extension aux fonctions de deux variables du problème de Riemann relatif aux fonctions hypergéométriques* (*Comptes rendus*, t. 90, 1880, p. 1267; *Annales de l'École Normale*, 2e série, t. 10, p. 305). — E. Goursat, *Comptes rendus*, t. 95, 1882, p. 717, 903, 1044.

IV. *Exemples de réduction du premier ordre.* — A. Le premier exemple que j'ai en vue résulte de la formule suivante que j'ai donnée autrefois (*loc. cit.*) sous la forme

$$F_1(\alpha, \beta, \beta', \gamma, x, y) = (1-y)^{-\beta'} F_3\left(\alpha, \gamma-\alpha, \beta, \beta', \gamma, x, -\frac{y}{1-y}\right),$$

formule qui s'écrit aussi, en changeant y en $-\frac{y}{1-y}$,

$$F_3(\alpha, \alpha', \beta, \beta', \gamma, x, y) = (1-y)^{-\beta'} F_1\left(\alpha, \beta, \beta', \gamma, x, -\frac{y}{1-y}\right), \tag{5}$$

sous la condition unique

$$\alpha + \alpha' = \gamma. \tag{6}$$

La fonction F_3, dans laquelle la condition (6) est remplie, vérifie, comme F_1, trois équations du type (2) à coefficients rationnels; la condition (6) est donc une condition de réduction du premier ordre de F_3.

Nous n'écrirons pas les formules analogues qui se déduiraient de (5) et (6) en permutant α avec β et α' avec β', ou x avec y et α avec α' et β avec β'.

B. Un deuxième exemple de réduction, relatif à la fonction F_2, est fourni par les fonctions de Didon appelées P_3 et P_4 dans la Note précédente (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 309). Ces deux fonctions, ainsi que le polynome P_1, vérifient, non seulement les deux équations de Didon du type (1), mais encore trois équations à coefficients rationnels du type (2).

V. *Exemple de réduction du second ordre de* F_3. — Considérons les deux équations suivantes *de la forme* (3), que nous écrirons d'une manière symétrique

$$\left\{\begin{aligned} &(1-x)p-(1-y)q-\lambda z=0, \\ &(xy-x-y)s-\mu(1-x)p+\nu(1-y)q=0, \end{aligned}\right. \tag{3'}$$

λ, μ, ν désignant des constantes données différentes de zéro. Il existe une fonction particulière,

$$F_3 = \sum_{m,n} \frac{(\alpha, m)(\alpha', n)(\beta, m)(\beta', n)}{(\gamma, m+n)(1, m)(1, n)} x^m y^n,$$

vérifiant ces équations. Pour qu'il en soit ainsi, il faut et il suffit, comme on le voit, soit par substitution directe, soit par différentiation et combinaison des équations (3'), que les cinq éléments α, α', β, β', γ, qui figurent

dans F_3, vérifient les cinq équations suivantes :

$$(7)\qquad \alpha+\beta+\alpha'+\beta'-2\gamma=0,\qquad (\alpha-\beta)^2-(\alpha'-\beta')^2=0;$$
$$(8)\qquad \alpha+\beta-\alpha'-\beta'-2\lambda=0,\qquad \alpha\beta+\lambda\nu=0,\qquad \alpha'\beta'+\lambda\mu=0.$$

Les deux premières (7), indépendantes de λ, μ, ν, forment les conditions nécessaires et suffisantes que doivent remplir α, β, α', β', γ pour que la réduction ait lieu; les trois autres (8) donnent ensuite λ, μ et ν. Comme la fonction F_3 ne change pas quand on permute α avec β, ou α' avec β', on peut toujours réduire la seconde des relations (7) à $\alpha-\beta=\alpha'-\beta'$.

Dans cette hypothèse, en supposant inversement λ, μ, ν donnés, les équations (3') admettent l'intégrale particulière $F_3(\alpha, \alpha', \beta, \beta', \gamma, x, y)$, les éléments de cette fonction étant donnés par les relations

$$(9)\qquad \begin{cases} \alpha+\beta=\lambda+\mu-\nu, & \alpha\beta=-\lambda\nu, \qquad \gamma=\mu-\nu, \\ \alpha'=\alpha-\lambda, & \beta'=\beta-\lambda. \end{cases}$$

La fonction F_3 correspondante peut s'exprimer à l'aide de la série hypergéométrique de Gauss. En effet, faisant

$$u=x+y-xy,$$

on voit que l'intégrale générale de la première des équations (3') est

$$z=(1-y)^\lambda\varphi(u),$$

$\varphi(u)$ étant une fonction arbitraire de u. La seconde des équations (3') donne, pour déterminer $\varphi(u)$,

$$u(1-u)\frac{d^2\varphi}{du^2}+[\mu-\nu-(\lambda+\mu-\nu+1)u]\frac{d\varphi}{du}+\lambda\nu\varphi=0,$$

équation qui admet comme solutions particulières

$$\varphi_1=F(\alpha, \beta, \gamma, u),\qquad \varphi_2=u^{1-\gamma}F(\alpha+1-\gamma, \beta+1-\gamma, 2-\gamma, u),$$

les éléments α, β, γ ayant les valeurs (9). On a alors, en désignant par k_1 et k_2 des constantes et en supposant α, α', β, β', γ déterminés par les formules (9),

$$F_3(\alpha, \alpha', \beta, \beta', \gamma, x, y)=k_1\varphi_1+k_2\varphi_2.$$

Dans le domaine du couple de valeurs $x=0$, $y=0$, u étant voisin de zéro, la seconde fonction φ_2 n'est pas régulière, tandis que F_3 et la première

fonction φ_1 le sont. On a donc $k_2 = 0$; on voit ensuite que $k_1 = 1$; d'où la formule

$$\text{(10)} \qquad F_3(\alpha, \alpha', \beta, \beta', \gamma, x, y) = (1-y)^{\lambda} F(\alpha, \beta, \gamma, x+y-xy),$$

sous les conditions (9). Il est inutile d'écrire les formules analogues qu'on en déduit par des permutations des variables entre elles et des éléments entre eux.

PHYSIOLOGIE. — *Ohmhémomètre pour mesurer la résistivité électrique du sang. Application à la clinique.* Note [1] de MM. **Charles Richet, P. Brodin, G. Noizet** et **F. Saint-Girons.**

Les physiologistes qui ont étudié la conductibilité électrique (ou la résistivité) du sang ont démontré qu'elle était fonction : 1° de la teneur du sang en molécules de sels minéraux; 2° de la proportion des hématies contenues dans le sang. La résistivité diminue à mesure que les sels minéraux augmentent; la résistivité augmente à mesure que les hématies sont en plus grande proportion.

Il semble en outre à peu près prouvé que la coagulation du sang ne change pas notablement sa résistivité [2].

Nous avons jugé intéressant d'étudier, chez l'homme, à l'état normal et à l'état pathologique, la résistivité du sang total. Les seules applications cliniques qui aient été faites jusqu'à présent portent sur la résistivité du sérum. Encore ces recherches sont-elles peu nombreuses [3].

---

(1) Séance du 26 août 1918.

(2) C'est au moins ce qui résulte des dernières recherches de Calugareanu [*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1908, (2), p. 698]. Bayliss avait dit que la conductibilité diminue de 18 pour 100 par la coagulation (1906); mais E.-M. Wilson a trouvé (1907), comme Calugareanu, que la coagulation du sang n'en change pas la résistivité. N'ayant pas fait d'étude approfondie sur ce point spécial de la question, nous admettrons que la coagulation du sang (dans un tube capillaire) ne modifie pas sa résistivité. D'après Galeotti (*Zeitsch. für Biol.*, 1902, p. 289), la coagulation par la chaleur ne change pas la conductibilité.

(3) R. Dieuzaide, *Résistivité électrique des liquides de l'organisme* (*Thèse inaugurale de Paris*, 1904). — Dongier et Lesage, *Valeur de la résistance électrique des sérums sanguins* (*Comptes rendus*, t. 134, 1902, p. 834; t. 135, 1902, p. 111).

A vrai dire on ne peut guère espérer trouver quelque relation importante entre la résistivité du sérum et les altérations du sang. Car la résistivité du sérum est fonction presque uniquement du nombre des molécules minérales qui y sont contenues, surtout du NaCl. Or, dans les conditions les plus diverses, physiologiques ou pathologiques, la quantité des sels minéraux varie à peine. De toutes les fonctions du sang, la teneur en sels minéraux est la plus stable.

En outre, pour mesurer la résistivité du sérum, il faut déjà une assez grande quantité de sang, 25^g au moins, pour qu'il se forme une couche de sérum nettement séparée des globules, alors qu'avec une goutte de sang recueillie dans un tube capillaire, on peut très facilement mesurer la résistivité du sang total.

Voici comment nous avons procédé :

Dans un tube capillaire à diamètre assez large (mélangeur de Potain pour leucocytes), on aspire une gouttelette de sang obtenu par la piqûre du doigt, et l'on mesure la résistivité de cette petite colonne capillaire de sang, en ayant soin que les deux électrodes (en platine) soient toujours à la même distance. La mesure se fait par la méthode de Kohlrausch.

En somme, l'instrumentation est peu compliquée et peut tenir dans une boîte portative. Elle nécessite seulement une résistance, un pont à fil qui n'a pas besoin d'avoir plus de 0^m,20 de longueur, une bobine de Ruhmkorff actionnée par un accumulateur, un téléphone, un mélangeur de Potain et un thermomètre (la température devant être constante).

Pour étalonner le mélangeur, on a fait au préalable la mesure électrique avec une solution saline de concentration et, par conséquent, de résistivité connue.

L'opération est très rapide et n'exige pas plus de 2 ou 3 minutes.

II. Voici quelles ont été les résistivités du sang chez six personnes normales en ohms-cm :

					Moyenne.
A...........	180				180
B...........	180	202			191
C...........	202	195			199
N...........	230	225	225		228
R...........	186	186	195	182	187
S...........	210	225			218
			Moyenne générale.....		200

Par comparaison, donnons les résistivités observées chez des malades divers ayant tous de l'hypoglobulie.

On a chez ces malades en même temps pris la densité par la méthode de Hammerschlag, modifiée par nous ([1]), et mesuré le nombre des hématies.

La résistivité moyenne a été chez ces 7 malades de 125 environ, chiffre qui est bien différent de la résistivité normale.

	Nombre d'hématies (en millions) par millimètre cube.	Densité.	Résistivité électrique.
1	0,6	1034	106
2	1,6	1037	115
3	1,8	1040	126
4	2,5 ([2])	1042	132
5	3,2 ([2])	1042	132
6	2,6	1047	130
7	3,0	1050	168

Ainsi un rapport étroit unit ces trois fonctions du sang : la densité, la teneur en hématies et la résistivité électrique.

III. Par des expériences nombreuses sur des chiens hémorragiés, nous avons pu prouver que l'état de santé et de vigueur d'un animal, répondant en général à un sang plus ou moins riche en hématies, peut être apprécié par la résistivité de son sang.

1° Un chien de grande taille, très mal nourri, presque en inanition, a, le 17 août, 134. Alors on lui donne une alimentation abondante et l'on trouve, le 19 août, 146; le 21 août, 159.

2° Le sang des chiens normaux a une résistivité à peu près égale à celle du sang humain :

C	190
S	180
D	175
B	180
M	175
P	192
N	200
T	225
Moyenne..	190

([1]) *Comptes rendus*, t. **166**, 1918, p. 587.

([2]) La numération des hématies n'a pu être faite que le lendemain.

Au contraire, des chiens ayant subi une abondante hémorragie ont présenté plusieurs jours après une résistivité correspondant à l'hypoglobulie, qui persiste, comme on sait, longtemps après l'hémorragie :

	A.	E.	P.
Sixième jour	116	146	»
Septième jour	112	»	130
Neuvième jour	106	146	116
Douzième jour	116	148	116
Vingtième jour	136	154	142
Moyenne		121	

Fig. 1.
Variations pour 100 de la résistivité électrique du sang (moy. sur huit chiens hémorragiés).
En bas les densités du sang.

Ainsi, par la mesure de la résistance électrique, nous possédons maintenant un moyen simple d'apprécier la régénération globulaire consécutive aux hémorragies abondantes, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours aux numérations des hématies.

Conclusions. — Encore que jusqu'à présent la mesure de la conductibilité

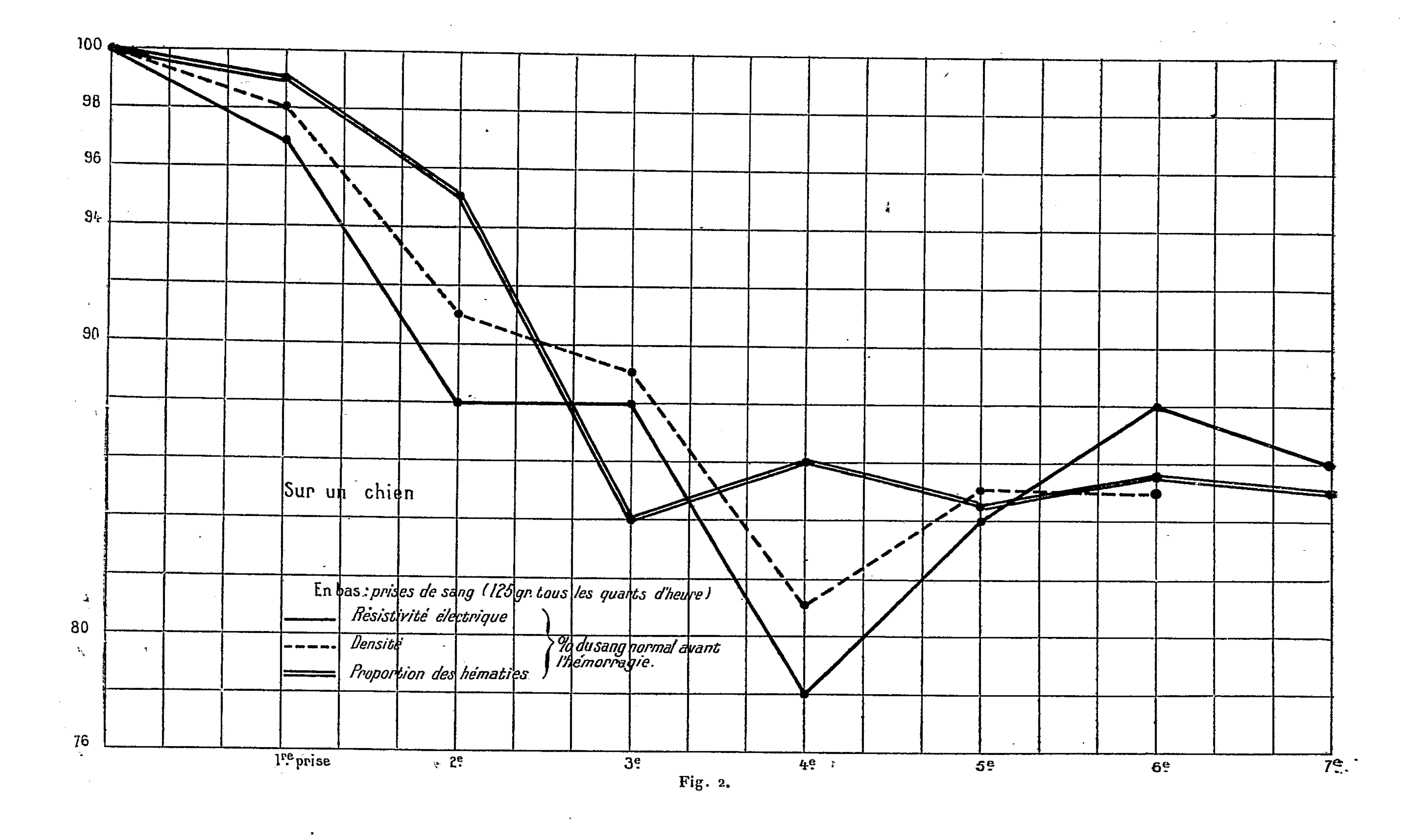

100
98
96
94
90
80
76
Sur un chien
En bas : prises de sang (125 gr. tous les quarts d'heure)
Résistivité électrique
Densité
Proportion des hématies
% du sang normal avant l'hémorragie.
1re prise
2e
3e
4e
5e
6e
7e

Fig. 2.

électrique ne semble pas devoir fournir sur l'état du sang des données essentiellement différentes de celles qu'apportaient déjà la mesure de la densité et la numération des hématies, il n'est pas inutile d'avoir un nouveau procédé sûr, rapide et précis pour connaître la richesse du sang en globules.

En outre il est permis d'espérer que, par l'analyse minutieuse de maints cas cliniques, notamment chez les blessés venant de subir des hémorragies profuses, en dissociant des fonctions le plus souvent parallèles, on arrivera peut-être à des constatations intéressantes et imprévues.

GÉOLOGIE. — *Essai de coordination chronologique générale des temps quaternaires*. Note (¹) de M. **Ch. Depéret**.

Après avoir décrit le Quaternaire marin de la côte atlantique française (*Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 884), j'aborde l'étude des côtes françaises et anglaises de la Manche et du Pas-de-Calais, qui vont offrir des faits comparables à ceux de la côte atlantique, mais plus complets et plus intéressants au point de vue paléontologique.

2° *Côtes françaises de la Manche et du Pas-de-Calais*. — Sur la côte nord du Cotentin, dans le pays de la Hague, à l'ouest de Cherbourg, M. Bigot (²) a décrit une terrasse littorale de limons et d'éboulis surmontant *un dépôt inférieur de graviers et galets marins* élevés de 3ᵐ au-dessus des plus hautes mers, soit 6ᵐ au-dessus du niveau moyen.

Dans le Calvados, le même géologue a fait à la falaise du Catel, près Saint-Aubin, l'importante observation d'un *dépôt marin* contenant, à côté d'espèces actuelles de la Manche, une coquille : *Buccinum groenlandicum* qui habite nos mers boréales, ne dépassant pas au sud le Finmark. Ce dépôt marin est à 6ᵐ au-dessus du niveau moyen de la Manche; mais l'altitude de la ligne de rivage correspondante n'est pas précisée.

Aucun gîte marin n'est signalé ensuite jusqu'à la vallée de la Somme où la mer quaternaire a pénétré jusqu'aux portes d'Abbeville, témoins les célèbres gisements marins de Menchecourt et de Mautort décrits par

(¹) Séance du 9 septembre 1918.

(²) Bigot, *Sur les dépôts pléistocènes et actuels du littoral de la Basse-Normandie* (*Comptes rendus*, t. 115, 1897, p. 380, et *Bull. Soc. géol. de France*, 3ᵉ série, t. 27, 1899, p. 360).

Prestwitch (1) dès 1860, et étudiés ensuite par Lyell (2). d'Ault du Mesnil (3), Ladrière (4), Rutot (5) et Commont (6). A Menchecourt, sur un lambeau raviné de sable argileux bleuâtre et de graviers ferrugineux contenant la faune à *Elephas antiquus* et des outils chelléens grossiers, reposent, par l'intermédiaire d'un épais gravier de base, des sables stratifiés avec *Mammouth* et *Rhinoceros tichorhinus* (faune froide), contenant des coquilles fluvio-terrestres et marines. Les espèces marines appartiennent toutes (29 espèces) à la faune actuelle de la Manche. Avec cette faune tempérée froide fait contraste la présence de *Corbicula flûminalis*, espèce fluviatile qui a vécu en Europe pendant le Pliocène et le Quaternaire ancien. Sa présence à Manchecourt où elle est très rare (une seule valve d'après Prestwitch) peut s'expliquer, soit par un remaniement d'assises plus anciennes, soit par sa survivance assez singulière jusqu'à l'époque de la basse terrasse.

Au point de vue altimétrique, la base du dépôt marin de Menchecourt est à 5^m seulement au-dessus des hautes eaux de la Somme et son sommet ne dépasse guère 11^m; mais on observe au-dessus une série de limons entremêlés de cailloutis de silex formant le sommet d'un remblaiement de 15^m d'altitude minimum au-dessus de la Somme. Je suis d'accord avec le général de Lamothe (7) pour rapporter cette terrasse à la *nappe de Montières* (niveau de 18^m-20^m), c'est-à-dire à mon étage *Monastirien*.

---

(1) Prestwich, *Philosophical Transactions*, t. 150, 1860, p. 277.

(2) Ch. Lyell, *The geological evidences of the antiquity of man*, 2e édit., 1863.

(3) D'Ault du Mesnil, *Note sur le terrain quaternaire des environs d'Abbeville* (*Revue de l'École d'Anthropologie*, 1896, p. 284).

(4) Ladrière, *Étude stratigraphique du terrain quaternaire du nord de la France* (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. 18, 1890-1891).

(5) Rutot, *Note sur la position stratigraphique de la* Corbicula fluminalis, *dans les couches quaternaires du bassin anglo-franco-belge* (*Bull. Soc. belge de Géologie*, t. 14, 1900, p. 15).

(6) Commont, *Note préliminaire sur les terrasses fluviatiles de la vallée de la Somme* (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. 39, 1910, p. 185); *Les gisements paléolithiques d'Abbeville* (*Ibid.*, p. 249).

(7) De Lamothe, *Les anciennes lignes de rivage du bassin de la Somme et leur concordance avec celles de la Méditerranée occidentale* (*Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 948); *Les anciennes nappes alluviales et lignes de rivage du bassin de la Somme et leurs rapports avec celles de la Méditerranée occidentale* (*Compte rendu sommaire des séances de la Société géologique de France*, 18 janvier 1918, p. 26).

Plus près de l'embouchure de la Somme, à hauteur de Saint-Valéry, existent des dépôts marins plus élevés. Des deux côtés de l'estuaire se montrent des plateaux, s'étendant parallèlement à la côte, de sables siliceux fins, dont l'origine marine n'est pas douteuse. On les observe sur la rive droite entre Noyelles et Nouvion, et sur la rive gauche au-dessus de Saint-Valéry, dans les bois de Pendé et de Lonchères (légende de la feuille géologique d'Abbeville par E. Fuchs). Au moulin de Croix-l'Abbé, qui domine Saint-Valéry, ces plateaux sableux atteignent l'altitude d'environ 30^{m} et M. de Lamothe y a reconnu, dans une tranchée qui recoupe un petit relief d'origine probablement dunaire, des *débris de coquilles marines*. L'existence d'une plage marine à 30^{m} d'altitude est donc certaine, et nous avons là, pour la première fois sur la côte atlantique française, une trace incontestable de l'étage *Tyrrhénien*.

Plus au Nord, entre la Somme et la Canche, Potier (*Feuille géologique de Montreuil*) et Gosselet [1] ont décrit un ancien cordon littoral de sables et galets, situé au pied de la falaise crayeuse et dont divers lambeaux, émergeant au-dessus du marais littoral, atteignent une altitude maxima de 11^{m}; on y trouve des coquilles marines (*Cardium edule*). Ce cordon se prolonge au nord d'Étaples sur la rive droite de la Canche, où l'on observe, sur une falaise de craie de 8^{m} d'altitude et sous un sable dunaire, une plateforme littorale couverte de galets de silex entremêlés de roches granitiques provenant, selon M. Barrois, du Cotentin, de Bretagne et des îles anglonormandes. Comme leurs analogues des plages bretonnes, ces roches cristallines paraissent avoir été amenées en ce point par des glaces flottantes. La ligne de rivage correspondant à ce cordon littoral entre Somme et Canche ne paraît pas avoir dépassé beaucoup une dizaine de mètres.

Nous atteignons maintenant le détroit du Pas-de-Calais. Au delà du cap Gris-Nez, à Wissant, H. Day [2] a décrit une ancienne plage reposant à 13^{m} de hauteur sur une petite falaise de Gault. M. Briquet [3], qui a repris l'étude de cette région, signale à Wissant, dans le vallon du ruisseau du petit phare, plusieurs lambeaux d'une terrasse de cailloutis aboutissant

---

(1) GOSSELET, *Révision de la feuille de Montreuil* (*Compte rendu des collaborateurs du Service de la Carte géologique de France : campagne de* 1902, p. 1).

(2) H. DAY, *On an ancient beach and submerged forest near Wissant* (*Geological Magazine*, 1866, t. 3, p. 109).

(3) BRIQUET, *Note sur quelques formations quaternaires du littoral du Pas-de-Calais* (*Ann. Soc. géol. du Nord*, 1906, t. 35, p. 211).

à la mer à une vingtaine de mètres d'altitude. Ces alluvions présentent un mélange de cailloux simplement usés et de galets bien roulés comme il n'en existe dans cette région que dans les dépôts marins; c'est, d'après l'auteur, le signe de la proximité d'une mer dont la ligne de rivage était à 20^m plus haut que la mer actuelle.

Au delà du cap Blanc-Nez, la plage quaternaire du pied de la falaise de Sangatte a été décrite par Prestwich [1], H. Day [2], Sauvage [3], Ch. Barrois [4] et Briquet. Sur une plate-forme littorale de craie à l'altitude de 5^m repose une couche de galets roulés de roches locales, avec quelques cailloux de roches cristallines, d'origine erratique (glaces flottantes). Par-dessus vient un lit mince de sable glauconieux avec coquilles marines identiques aux espèces actuelles de la Manche (*Purpura lapillus*, *Littorina littorea*, *Mytilus edulis*, *Tellina balthica*, *etc.*). M. Briquet a reconnu le prolongement de ce dépôt marin à l'Est dans l'intérieur des terres, notamment à la Chaussée des coquilles et à la Petite Rouge Cambre, où l'altitude du sable jaune marin ne dépasse pas 8^m. Mais, d'après une indication que m'a donnée M. de Lamothe, elle monterait aux environs de 14^m à Fort-Château, et cet observateur est porté à attribuer le dépôt de Sangatte à la ligne de rivage de 18^m-20^m.

En dehors de ces dépôts franchement marins, on observe sur les côtes françaises de la Manche, dans le voisinage immédiat de la mer, des dépôts de sables et de cailloutis alluviaux, qui attestent le stationnement de la ligne de rivage à des altitudes diverses, souvent très supérieures à celle des dépôts marins précités.

A l'ouest de Wissant, M. Briquet a décrit un niveau supérieur d'alluvions fluviatiles à éléments bien roulés d'origine régionale. C'est un véritable « gravier de plateau » qui atteint l'altitude de 40^m et jalonne le cours d'une ancienne rivière aboutissant à la mer vers 30^m-35^m. D'autres lambeaux d'alluvions analogues sont décrits par ce géologue à la Pointe-aux-Oies et à la Rochette (25^m); ces faits concordent avec le dépôt marin observé par

---

(1) PRESTWICH, *Notes et observations théoriques sur la plage soulevée de Sangatte* (*Bull. Soc. géol. France*, 3e série, t. 8, 1880, p. 547).

(2) H. DAY, *loc. cit.*

(3) SAUVAGE, *Sur le quaternaire du Boulonnais* (*Bull. Soc. géol. France*, 3e série, t. 8, 1880, p. 591, avec coupe de la falaise de Sangatte).

(4) CH. BARROIS, *Sur les formations quaternaires et actuelles des côtes du Boulonnais* (*Bull. Soc. géol. France*, 3e série, t. 8, 1880, p. 552).

M. de Lamothe à Saint-Valéry pour démontrer l'existence de la ligne de rivage de 30^m-35^m, c'est-à-dire de l'étage Tyrrhénien.

C'est à une ligne de rivage plus élevée, voisine de 55^m, que l'on doit raccorder les lambeaux d'alluvions figurés par M. Briquet (*loc. cit.*) sur le plateau du cap Gris-Nez jusqu'à l'altitude maximum de 55^m. Il faut les rapprocher des replats que j'ai cités sur la côte du Cotentin, de Bretagne et à Belle-Ile et les attribuer à la ligne de rivage milazzienne (55^m-60^m).

Enfin de nombreux faits indiquent une ligne de rivage à l'altitude d'environ 100^m. M. de Lamothe a observé un replat de cette altitude au sud de Sangatte (plateau des Noires-Mottes). Il a relevé dans le bassin de la Somme, en aval et en amont d'Amiens, de vastes surfaces d'aplanissement subhorizontales à l'altitude constante d'environ 103^m. M. de Lamothe interprète ces replats comme des *plates-formes littorales* d'une mer ayant pénétré largement dans le continent. Comme pour les surfaces analogues que j'ai citées d'après M. Chaput dans la Basse-Loire, je suis plus disposé à y voir d'anciennes *plaines côtières;* mais dans les deux hypothèses, l'altitude de la ligne de rivage doit rester fixée autour de 100^m.

En suivant la côte vers le Sud-Ouest, on observe, au-dessus des falaises, des surfaces aplanies surplombant la mer, et couvertes de limon aux altitudes : de 103^m à Ault, de 96^m au Tréport, de 100^m à Berneval, de 96^m à Bracquemont, replats qui sont des indices du même niveau marin. A Dieppe, sur la falaise Saint-Nicolas, le plateau de craie à 91^m porte un épais cailloutis de silex bien roulés attestant soit une plate-forme littorale, soit un lambeau alluvial de cette même époque.

J'ai observé enfin au-dessus du Havre, sous la batterie du cap de la Hève, un important lambeau de sables à éléments de quartz granitiques, entremêlés de limons rouges, qui atteint exactement la côte de 100^m. M. Dollfus a déjà figuré ce lambeau (¹), en l'attribuant sans preuve aux sables de la Sologne. Leur relation m'a paru cependant évidente avec le cours de la Seine, et je les attribue à des alluvions de ce fleuve coulant à 100^m plus haut que le thalweg actuel, à l'époque de la ligne de rivage de 100^m, c'est-à-dire de l'étage *Sicilien*.

Je développerai les conclusions de tous ces faits après avoir étudié les côtes anglaises de la Manche.

(¹) Dollfus, *Relations entre la structure géologique du bassin de Paris et son hydrographie* [*Ann. géogr.*, 1900, t. 9 (carte, p. 321, fig. 2)].

HYGIÈNE ALIMENTAIRE. — *Sur quelques préparations de café proposées pour les armées*. Note (1) de M. BALLAND.

Le café fut introduit dans l'armée en 1798, pendant l'expédition d'Égypte, par ordre du général en chef, futur empereur, qui, déjà, ne s'intéressait pas moins à l'alimentation qu'à l'armement de ses soldats.

Le café était torréfié et moulu au centre d'approvisionnement de chaque division, d'où il était envoyé aux régiments et aux corps détachés. Les distributions étaient alors limitées à certains jours fixés par le commandement. Elles furent, plus tard, étendues à toute l'armée et le café entra définitivement dans les rations journalières des troupes.

Depuis quatre ans, le Service du ravitaillement militaire a reçu de nombreuses préparations de café, dont plusieurs présentées antérieurement au Ministère de la Guerre (2).

Extraits. — Les extraits liquides, très colorés, sont plus ou moins épais, suivant leur teneur en eau, de 60 à 80 pour 100. Les uns renferment jusqu'à 50 pour 100 de sucre caramélisé, alors que d'autres n'en contiennent que quelques grammes. Plusieurs sont alcoolisés (12 à 15 pour 100 d'alcool).

Les extraits solides, généralement des poudres dans de petits étuis métalliques, s'hydratent rapidement au contact de l'air et deviennent poisseux. Ils sont entièrement solubles dans l'eau froide. L'un deux, une poudre rougeâtre très bien préparée, a donné 2 pour 100 d'eau, 18 de cendres et 80 d'extrait non sucré dont 8,5 de matières azotées; il y avait de la caféine, mais des *traces seulement de graisse et d'huile essentielle*.

Tablettes. — Les tablettes, recouvertes de papier d'étain, sont de dimensions variables (le plus souvent 10g). Elles sont hygrométriques, se dissolvent complètement dans l'eau et présentent une composition assez uniforme : 88 à 90 pour 100 de sucre et 10 à 12 d'extrait retenant 3 à 4 d'eau.

Une tablette, parmi les plus remarquées, a donné exactement :

---

(1) Séance du 9 septembre 1918.

(2) A. BALLAND, *Les aliments*, t. 2, p. 333-367. Paris, J.-B. Baillière, 1907.

eau 4,16 pour 100; sucre 88,10; extrait sec 7,74 dont caféine et matière azotée 2,40; graisse et huile essentielle 1,45; cendres 2,00.

De semblables produits, mis autrefois à l'essai dans l'armée, prenaient, après quelques mois, une saveur amère; ils ont été abandonnés. On a comprimé alors directement la poudre avec le sucre, puis on a trouvé plus avantageux, pour la conservation de l'arome, d'employer la poudre sans sucre. C'est ainsi qu'on opère à l'usine militaire de Billancourt.

En 1915, un industriel a proposé des tablettes de 40^g, non sucrées, qui étaient obtenues par compression directe des grains entiers torréfiés. Elles avaient la composition des tablettes de Billancourt; eau 4,60 pour 100; graisse et huile essentielle 16,20; cendres 4,20; caféine 1,40.

En 1916, il y a eu des propositions relatives à un nouveau mode de torréfaction, à l'utilisation des pellicules de café et à l'emploi de succédanés.

Les grains torréfiés, après un concassage préalable du café vert, devaient apporter de sérieuses économies : moins de combustible, plus de rendement et des produits supérieurs permettant de diminuer la ration actuelle.

Les essais entrepris, en présence de l'auteur de la proposition, par une commission spéciale nommée par le Ministre, ont prouvé que le rendement au même degré d'hydratation, n'était pas plus avantageux et que l'économie que l'on pouvait réaliser sur le combustible ne compensait ni la main-d'œuvre ni les pertes occasionnées par le concassage. Les infusions, à poids et volumes égaux, avec les produits récemment torréfiés ne différaient pas de façon appréciable des infusions ordinaires; mais il a été constaté que le café en grains entiers, mis en sac comparativement, prenait moins l'humidité de l'air et conservait plus longtemps son arome.

Pellicules de café. — A l'usine de Billancourt, on évalue à 350^g, au maximum, les pellicules qui se détachent pendant la torréfaction de 100^{kg} de café, soit $3^g,5$ par kilogramme. Ces pellicules, caractérisées par une forte quantité de cellulose inerte, donnent de médiocres infusions. Il n'y a pas lieu, comme on l'a proposé, de séparer du café torréfié, pour les conserver à part, les pellicules qui s'en détachent pendant la torréfaction.

1. Analyse de café Santos torréfié à l'usine de Billancourt. — 2. Analyse de pellicules provenant de la torréfaction du même café. — 3. Analyse de pellicules envoyées par la station-magasin de Nantes.

	1.	2.	3.
Eau	3,00	5,80	5,90
Matières azotées	14,40	17,36	16,00
» grasses	12,50	8,10	8,10
» extractives	51,80	26,55	15,49
Cellulose	13,60	34,50	36,00
Cendres	4,70	7,69	18,51 (¹)
	100,00	100,00	100,00
Caféine	1,30	0,69	0,49
Extrait aqueux	26,00	18,17	18,00

Succédanés du café. — Les succédanés de café ne sont pas admis dans l'armée. Les réserves, en cafés du Brésil et de nos colonies, ont toujours été suffisantes. En dehors des poudres de chicorée si répandues, les trois produits suivants sont à signaler, notamment les graines de soja torréfiées, qui ont des partisans.

1. Poudre brune constituée par un mélange de blé et d'orge torréfiés. — 2. Masse pulvérulente noire, onctueuse au toucher; figues torréfiées. — 3. Graines de soja torréfiées (café au soja, chinafé).

	1.	2.	3.
Eau	8,95	7,15	4,94
Matières azotées	12,60	8,94	45,60
» grasses	1,28	3,54	21,73
» sucrées	3,85	15,87	3,10
» extractives	71,50	59,68	19,43
Cendres	1,82	4,82	5,20
	100,00	100,00	100,00
Extrait aqueux	54,18	41,40	18,96

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Production des légumes, par Georges Truffaut. (Présenté par M. L. Maquenne.)

An introductory treatise on dynamical astronomy, by H. C. Plummer.

(¹) Dont 10 sable, terre, fragments pierreux.

M. le Directeur de l'**École nationale vétérinaire de Toulouse** adresse un Rapport relatif à l'emploi qui a été fait de la subvention attribuée à l'École sur la *Fondation Loutreuil* en 1917.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les variétés développables à trois dimensions*. Note de M. **E. Cartan**, présentée par M. Appell.

On sait que, dans l'espace à trois dimensions, la propriété d'une surface d'être *développable*, bien que d'origine *métrique*, est au fond purement *projective*, puisque les surfaces développables sont les lieux des tangentes à une courbe gauche. Cette propriété paradoxale n'est plus vraie si l'on considère les variétés à deux dimensions d'un espace à un nombre quelconque de dimensions. Elle disparaît également dans les variétés à trois dimensions d'un espace à $n > 4$ dimensions.

J'ai indiqué, dans une Note récente, qu'il existe toujours des variétés à trois dimensions pour lesquelles le réseau asymptotique appartient à un type projectif quelconque donné à l'avance. Il n'en est plus de même si l'on veut que la variété soit *développable*. *Pour qu'une variété* RÉELLE, *située dans un espace euclidien, soit développable, il faut que le réseau asymptotique en chacun de ses points admette pour cônes de base h plans doubles réels, h étant l'ordre du réseau.*

Cette condition nécessaire ne suffit pas. On se rappelle qu'à chaque cône du réseau asymptotique est associé un hyperplan (p) à $h+2$ dimensions contenu dans l'hyperplan osculateur et qui est le lieu des tangentes aux courbes tracées sur la variété et dont le plan osculateur est contenu dans (p). *Pour qu'une variété soit développable, il faut et il suffit qu'on puisse trouver comme cônes de base du réseau asymptotique h plans doubles, tels que les hyperplans* (p) *qui leur sont associés soient rectangulaires entre eux.*

On aperçoit tout de suite que, si $h = 1$, la condition supplémentaire qui vient d'être énoncée disparaît et il reste la propriété, purement projective, du cône asymptotique de se réduire à un plan double. Les variétés développables de cette catégorie sont formées par les lieux des plans osculateurs à une courbe gauche.

La condition énoncée plus haut peut prendre une autre forme. Menons par un point fixe O un hyperplan parallèle à l'hyperplan normal. La caractéristique de cet hyperplan, quand le point M se déplace d'une manière quelconque sur la variété, est une variété plane (Q) *qui, transportée en* M,

est la variété à $n - h - 3$ dimensions perpendiculaire à l'hyperplan osculateur. Appelons *hyperplan normal principal* l'intersection de l'hyperplan osculateur et de l'hyperplan normal. En général, quand le point M se déplace sur la variété tangentiellement à un plan (Π), il n'existe dans l'hyperplan normal principal aucune direction qui soit commune à l'hyperplan normal en M et à l'hyperplan normal infiniment voisin; il y a exception si le plan tangent (Π) est *distingué;* il lui correspond alors dans l'hyperplan normal principal une droite issue de M qu'on peut appeler *normale distinguée*.

Cela posé, *pour qu'une variété réelle soit développable, il faut et il suffit qu'il existe h plans tangents distingués réels tels que les h normales distinguées correspondantes soient rectangulaires.*

On peut se proposer de chercher le degré de généralité des variétés développables dont le réseau asymptotique appartient à un type projectif donné.

Si $h = 2$, il existe deux plans tangents distingués et deux seulement; ils peuvent être regardés comme les plans doubles d'un faisceau de plans en involution, chaque cône du réseau asymptotique est formé par un couple de plans de ce faisceau. Les variétés qui admettent un tel réseau asymptotique dépendent, quel que soit n, de deux fonctions arbitraires de deux arguments; elles sont réglées et admettent deux familles de surfaces distinguées, qui sont développables; parmi toutes ces variétés, celles qui sont elles-mêmes développables dépendent d'une seule fonction arbitraire de deux arguments.

Si $h = 3$, il peut y avoir trois plans tangents distingués ou une infinité.

Dans le premier cas ces trois plans tangents forment un véritable trièdre $M\Theta_1\Theta_2\Theta_3$, et le réseau asymptotique est formé des cônes conjugués par rapport à ce trièdre. Les variétés admettant un tel réseau asymptotique dépendent de six fonctions arbitraires de deux arguments; elles admettent trois familles de surfaces distinguées. Ces six fonctions se réduisent à trois, si l'on impose à la variété la condition d'être développable.

Dans le second cas le réseau asymptotique est formé de tous les systèmes de deux plans qui passent par une droite fixe $M\Theta$. Les variétés développables correspondantes peuvent être obtenues de deux manières : 1° en considérant une variété plane (Q) à $n - 1$ dimensions, en prenant dans (Q) une variété développable quelconque à deux dimensions et en élevant par chacun de ses points une perpendiculaire à (Q); 2° en considérant une variété sphérique (S) à $n - 1$ dimensions de rayon 1, en prenant dans (S) une variété à deux dimensions de courbure totale 1 et en joignant chacun de ses points au centre de (S). Ces variétés développables dépendent de $n - 2$ fonctions arbitraires de deux arguments.

Si $h = 4$ et si l'on reste dans le cas général où il n'y a que quatre plans tangents distingués n'ayant aucune droite commune, la solution générale du système diffé-

rentiel qui donne les variétés développables dépend de 6 fonctions arbitraires de *deux* arguments; elle suppose $n > 7$ et les variétés qu'elle fournit admettent quatre familles de surfaces distinguées; mais il y a aussi une solution singulière dépendant d'une fonction arbitraire de *trois* arguments, et pour laquelle il n'y a plus nécessairement de surfaces distinguées. Si l'on n'exigeait pas de la variété la propriété d'être développable, on aurait une solution générale dépendant de 12 fonctions arbitraires de deux arguments et des solutions singulières dépendant de 1, 2, 3 ou 4 fonctions arbitraires de trois arguments.

Si $h = 5$ et si les plans distingués nécessairement en nombre infini, enveloppent un véritable cône du second ordre, les variétés développables dépendent de 2 fonctions arbitraires de trois arguments (au lieu de 5 si la variété n'est pas assujettie à être développable).

Enfin, si $h = 6$, les variétés développables dépendent de $n - 6$ (au lieu de $n - 3$) fonctions arbitraires de trois arguments.

On aura remarqué qu'en général *une variété développable n'est pas réglée.*

Tout ce qui précède ne s'applique qu'aux variétés *réelles.* Il est remarquable qu'une variété développable imaginaire peut admettre un réseau asymptotique d'un type projectif déterminé *quelconque,* à condition bien entendu de donner au nombre n de dimensions de l'espace une valeur suffisamment élevée. L'étude du degré de généralité de ces variétés peut se faire par la même méthode, mais je n'ai pas développé mes recherches dans cette direction.

Remarquons enfin que la condition nécessaire et suffisante énoncée plus haut pour qu'une variété réelle soit développable ne se généralise pas aux variétés à 4 dimensions.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les fonctions électrosphériques sous forme de déterminants.* Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Appell.

Les fonctions électrosphériques de MM. Guillet et Aubert [1] ayant pour but la résolution *numérique* d'un certain nombre de questions d'électrométrie, il est intéressant de les mettre sous une forme simple, permettant de les calculer rapidement, quel que soit leur ordre. Les coefficients de ces polynomes sont malheureusement très compliqués. Montrons qu'on

(1) A. Guillet et M. Aubert, *Comptes rendus,* t. 155, 1912, p. 139, 204, 708, 820, et t. 157, 1913, p. 367; *Annales de Physique,* 9e série, t. 9, 1918.

peut représenter les fonctions électrosphériques par des déterminants qui sont, au contraire, d'une grande simplicité.

On sait que, si $U_p(z)$ est le polynome d'ordre p, coefficient de α^p dans le développement de $(1 - 2\alpha z + \alpha^2)^{-1}$, les polynomes électrosphériques des divers genres s'expriment en fonction des U par les formules

$$(1) \quad \begin{cases} P_{2p}(x) = a^p \; b^{p-1}[b\,U_p(u) + a\,U_{p-1}(u)], \\ Q_{2p}(x) = a^{p-1}b^p \; [a\,U_p(u) + b\,U_{p-1}(u)], \\ P_{2p+1}(x) = a^p b^p x\,U_p(u) \end{cases}$$

avec

$$u = \frac{x^2 - a^2 - b^2}{2ab},$$

a et b étant des constantes dépendant des données du problème physique.

1. Le polynome $U_p(u)$, qui est un cas particulier des fonctions hypersphériques de Gegenbauer, satisfait à l'équation aux différences

$$U_p - 2u\,U_{p-1} + U_{p-2} = 0.$$

Si l'on écrit la suite des équations

$$\begin{array}{l} U_{p-1} - 2u\,U_{p-2} + U_{p-3} = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ U_2 - 2u\,U_1 + 1 = 0, \\ U_1 - 2u = 0, \end{array}$$

on obtient p équations linéaires à p inconnues U_1, U_2, ..., U_p, d'où l'on pourra tirer U_p sous forme de déterminant à p lignes : on trouve

$$U_p(u) = \begin{vmatrix} 2u & 1 & 0 & 0 & \ldots \\ 1 & 2u & 1 & 0 & \ldots \\ 0 & 1 & 2u & 1 & \ldots \\ . & . & \ldots & . & \ldots \end{vmatrix}.$$

2. Une fois ce résultat établi, on écrira immédiatement, à partir des formules (1), les déterminants représentant les fonctions électrosphériques :

$$(2) \qquad P_{2p}(x) = a^p b^{p-1} \begin{vmatrix} b & -a & 0 & 0 & 0 & \ldots \\ 1 & 2u & 1 & 0 & 0 & \ldots \\ 0 & 1 & 2u & 1 & 0 & \ldots \\ . & . & \ldots & . & . & \ldots \end{vmatrix},$$

$$(3) \qquad P_{2p+1}(x) = a^p b^p x \begin{vmatrix} 2u & 1 & 0 & 0 & \ldots \\ 1 & 2u & 1 & 0 & \ldots \\ 0 & 1 & 2u & 1 & \ldots \\ . & . & \ldots & . & \ldots \end{vmatrix},$$

le déterminant (2) étant à $p+1$ lignes, le déterminant (3) à p lignes. Q_{2p} s'obtient en permutant a et b dans (2).

Les formules seront plus symétriques et plus simples si l'on pose

$$z = x^2 - a^2 - b^2.$$

On aura alors les déterminants suivants, les deux premiers à $p+1$ lignes, le troisième à p lignes :

$$P_{2p}(x) = -\begin{vmatrix} -1 & a & 0 & 0 & \dots \\ a & z & ab & 0 & \dots \\ 0 & ab & z & ab & \dots \\ \cdot & \dots & \cdot & \dots & \dots \end{vmatrix},$$

$$Q_{2p}(x) = -\begin{vmatrix} -1 & b & 0 & 0 & \dots \\ b & z & ab & 0 & \dots \\ 0 & ab & z & ab & \dots \\ \cdot & \dots & \cdot & \dots & \dots \end{vmatrix},$$

$$P_{2p+1}(x) = x\begin{vmatrix} z & ab & 0 & 0 & \dots \\ ab & z & ab & 0 & \dots \\ 0 & ab & z & ab & \dots \\ \cdot & \dots & \cdot & \dots & \dots \end{vmatrix},$$

qui présentent les fonctions électrosphériques sous une forme très pratique pour le calcul.

BOTANIQUE. — *Sur l'origine mitochondriale des plastides.* Note [1] de M. A. Guilliermond, présentée par M. Gaston Bonnier.

I. Dans un article récent, M. Mottier, reprenant une théorie soutenue par Rudolph, Scherrer et Sapehin, cherche à démontrer que les plastides sont des formations indépendantes des mitochondries. Les plastides présenteraient dans les cellules des méristèmes les mêmes caractères de coloration et les mêmes formes que les mitochondries et s'en distingueraient seulement par des dimensions un peu plus élevées. Mais pendant la différenciation cellulaire, les plastides grossiraient et prendraient les formes caractéristiques bien connues des plastides, tandis que les mitochondries conserveraient leurs formes primitives. Cette conclusion est appuyée surtout sur le

(1) Séance du 9 septembre 1918.

fait constaté par Scherrer et Sapehin et vérifié par M. Mottier que, dans les Muscinées, les chloroplastes apparaissent comme des organites indépendants des mitochondries et ne se formant que par division de chloroplastes préexistants.

II. *A priori*, la théorie de M. Mottier soulève une objection qui n'est point négligeable. En effet, on sait que d'après les travaux de divers auteurs, entre autres de Prenant, la plupart des pigments de la cellule animale sont élaborés au sein de mitochondries, les *chromochondries*, qui présentent les mêmes formes et les mêmes caractères histochimiques que les chromoplastides de beaucoup de fleurs. Il est donc difficile d'admettre que les chromochondries de la cellule animale ne soient pas homologables aux chromoplastides de la cellule végétale.

En fait, une observation attentive de la formation des plastides dans le méristème d'une jeune racine de Courge, où les phénomènes sont particulièrement nets, suffit à démontrer que les plastides résultent bien de la différenciation des mitochondries. On observe, dans les cellules les plus jeunes de ce méristème, un chondriome constitué à la fois par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et des chondriocontes typiques.

Ces divers éléments ne présentent aucune différence dans leurs dimensions et leurs colorations et semblent donc être tous de même nature. Ce chondriome offre absolument les mêmes caractères que celui de la cellule animale que nous avons observé comparativement sur des préparations que nous ont obligeamment prêtées les D[rs] Favre et Dubreuil. Il est également tout à fait semblable à celui des Champignons où il n'existe pas de plastides. On sait d'ailleurs par nos recherches antérieures que les mitochondries des cellules végétales, y compris celles qui se transforment en plastides, présentent exactement les mêmes caractères histochimiques que celles des cellules animales. Elles offrent également les mêmes caractères vitaux : elles ne se colorent que difficilement sur le vivant et, par des colorants spéciaux (vert Janus), se transforment en milieu hypotonique en grosses vésicules, etc.

Si, maintenant, nous remontons dans une région un peu moins jeune de ce méristème, nous constaterons que les chondriocontes s'épaississent et deviennent assez sensiblement plus gros que les autres éléments du chondriome (mitochondries granuleuses et courts bâtonnets). En même temps, leur coloration devient moins stable que celle des mitochondries ordinaires. Selon que l'on pousse plus ou moins loin la régression, on peut obtenir des préparations où seules les mitochondries granuleuses et les courts bâtonnets apparaissent et d'autres où tout le chondriome se trouve différencié. Dès ce stade, les chondriocontes sont susceptibles d'élaborer de l'amidon. Bien qu'ils conservent la forme de chondriocontes, ce ne sont plus à proprement parler des chondriocontes, ce sont des amyloplastides.

Cette distinction apparaît plus évidente encore dans une préparation de la même racine fixée par le liquide de Bouin et colorée par l'hématoxyline ferrique. Le chon-

driome se trouve détruit par l'acide acétique du fixateur et l'on n'observe plus aucune trace de mitochondries dans les cellules les plus jeunes du méristème; cependant, dans les régions un peu plus âgées, on constate que les amyloplastides se sont conservés, bien que très altérés par le fixateur. Les amyloplastides acquièrent donc une résistance plus grande vis-à-vis de l'acide acétique. Ils présentent des réactions un peu différentes de celles des mitochondries ordinaires.

Tout ceci est superposable à ce qui a été constaté chez les animaux, notamment par Regaud et Champy : lorsqu'une cellule élabore un produit par son chondriome, on constate qu'une partie du chondriome ne participe pas à cette élaboration, il perpétue le chondriome.

Or les mitochondries élaboratrices acquièrent une légère différenciation. Elles deviennent un peu plus grosses et se colorent d'une manière un peu différente; certaines sont moins vulnérables par l'acide acétique. Ce sont alors des *chondrioplastes* comparables aux plastides. Bref, il y a, dans la cellule animale comme dans la cellule végétale, des variétés de mitochondries affectées à des fonctions spéciales.

Il reste maintenant à examiner si les mitochondries granuleuses qui, dans la racine de Courge, ne contribuent pas à la formation des plastides et les chondriocontes qui se transforment en plastides ne constituent pas deux variétés primitivement distinctes de mitochondries, n'ayant pas la même origine et évoluant séparément. L'ensemble des données actuelles sur l'évolution des mitochondries ne semble pas favorable à cette idée. En effet, les mitochondries granuleuses peuvent, aussi bien que les chondriocontes, contribuer aux élaborations. Dans le tubercule de Pomme de terre, par exemple, ce sont des mitochondries granuleuses qui se différencient en amyloplastides. Une série de faits observés aussi bien daas la cellule animale que dans la cellule végétale semble démontrer que le chondrioconte n'est qu'une forme de croissance de la mitochondrie granuleuse. C'est ainsi que la cellule mère du sac embryonnaire des Liliacées ne présente à son origine que des mitochondries granuleuses. Peu de temps après sa différenciation, on y voit apparaître d'assez nombreux chondriocontes qui ne peuvent donc dériver que de la croissance des mitochondries granuleuses.

III. Il est donc démontré que les plastides dérivent de la différenciation de mitochondries identiques à celles de la cellule animale. Cette conclusion se trouve d'ailleurs confirmée par les récentes recherches d'un cytologiste américain, étranger à la Botanique, M. Cowdry, qui, par une étude comparative du chondriome de la racine de Pois et du pancréas de la Souris, a constaté que les mitochondries des cellules végétales, y compris celles qui se transforment en plastides, sont identiques à celles de la cellule animale. Que dans les Muscinées, où la chlorophylle est élaborée d'une manière continue, il y ait une séparation entre les mitochondries différenciées en vue de cette élaboration ou chloroplastides et les mitonchondries ordi-

naires, cela paraît démontré à la suite des résultats concordants de Scherrer, Sapehin et Mottier, mais on ne saurait nullement généraliser ce cas particulier.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la stérilisation partielle des terres.* Note de M. G. TRUFFAUT, présentée par M. L. Maquenne.

Les travaux de E.-J. Russell ([1]) et d'autres ont montré que la stérilisation partielle, par la chaleur à 98° ou par l'application de substances antiseptiques, augmente la fertilité des terres; les auteurs expliquent cet effet en admettant qu'on détruit ainsi les protozoaires qui limitent le développement des bactéries utiles dans le sol.

Les expériences culturales de Miège ([2]) ont confirmé que certains des antiseptiques précédemment indiqués par Russell, notamment le toluène et le sulfure de carbone, et d'autres, comme les hypochlorites, le formol, le soufre et même le sulfate de cuivre, agissent favorablement sur la végétation.

Les cultures des Pépinières nationales de plants de légumes de Versailles, que j'ai été amené à établir pour les besoins des armées, occupant actuellement une superficie de 30 hectares et produisant près de 50 millions de plants de légumes par an, m'ont permis de procéder à des recherches en vue d'améliorer les rendements, de lutter contre les insectes et de déterminer si la stérilisation partielle des sols était possible et avantageuse en grand.

Les résultats obtenus en 1917 et 1918, en plein champ sur des surfaces atteignant 2 hectares et dans mes serres d'expériences sur les cultures en pots, confirment les conclusions des auteurs déjà cités ([3]).

Emploi du sulfure de carbone. — Le sulfure de carbone, employé sous forme d'émulsions savonneuses, à la dose de 500^{kg} par hectare, a donné sur choux Express en 1917, par are et en 90 jours, les résultats suivants :

([1]) *Soil conditions and plant growth*, éditions 1912 et 1917; Londres, Longmans Greens and C°.

([2]) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 362.

([3]) G. TRUFFAUT, *Production des légumes*, 1918; à Versailles, chez l'auteur.

Parcelle témoin..................	13684 plants pesant $52^{kg},600$
Parcelle sulfurée..................	27894 plants pesant $142^{kg},100$

soit une augmentation de récolte de 270 pour 100, en faveur du traitement au sulfure de carbone.

Cette culture avait été précédée, la même année, de deux autres cultures de choux; le sol est une terre sèche, dosant, par kilogramme :

Azote total....................................	2,0
Calcaire....................................	12,2
Acide phosphorique soluble dans l'acide citrique...	1,5
Potasse....................................	2,0

Ces traitements, répétés sur 2 hectares de choux et d'oignons, ont donné des résultats absolument concordants; aucune feuille n'a été dévorée par les insectes et les plants sont restés indemnes de toutes maladies.

Emploi du sulfure de calcium. — Le sulfure de calcium, obtenu par réduction du plâtre, a donné des résultats aussi favorables et peut-être plus intéressants encore, à cause de son plus bas prix.

Essais sur navets blancs longs; récolte de septembre-octobre 1917, rapportée à la surface d'un are :

	Poids de la récolte.	Augmentation relative pour 100.
	kg	
Témoin..........................	102,5	»
6^{kg} de CaS à 55 pour 100...........	172,0	67
8^{kg} »	225,5	119
10^{kg} »	230,0	124

Sur un are de rutabagas, semés le 21 septembre 1917 et récoltés à la floraison, le 9 mai 1918 :

	Poids de la récolte.	Augmentation relative pour 100.
kg	kg	
0,69 sulfure de calcium pur.........	85	»
3 »	450	429
5,5 »	190	123

Sur différentes plantes, cultivées en pots en juin-août 1918, la récolte témoin étant supposée égale à 100 :

	Choux.	Godetias.	Tomates.
80g CaS pur au mètre carré	161	117	112
40 » »	147	126	128
20 » »	162	101	117

Le sulfure de calcium, provenant de la réduction de la blende au four électrique et contenant 10 pour 100 de sulfure de zinc toxique, a produit, comparativement aux parcelles ayant reçu du sulfure de calcium pur, une diminution de rendement allant jusqu'à 23, 28 et 30 pour 100 pour les doses respectives de 20g, 40g et 80g par mètre carré.

En ce qui concerne le sulfure de calcium, la dose la plus favorable semble être de 250kg à 300kg de produit pur à l'hectare, enterrés en février-mars par un léger labour.

Emploi des carbures aromatiques. — Tous les carbures aromatiques permettent d'effectuer la stérilisation partielle des terres. Quelques-uns seront du plus haut intérêt pour la pratique agricole courante, soit qu'on les emploie à l'état solide, à la dose de 200kg par hectare, soit qu'on les emploie sous forme d'émulsions savonneuses.

Résultats des expériences du 15 mai au 10 août 1918 :

	Choux.	Godetias.
Témoin	100	100
20g Naphtaline pure par mètre carré	158	126
20g Anthracène pur »	157	»
20g Naphtaline brute »	151	104
40g Naphtaline brute »	144	103
20g Huiles lourdes »	143	101
40g Anthracène brut »	133	97
64g Toluène »	131	120
64g Benzène »	128	104

Le sulfure de calcium peut être mélangé avec les mêmes hydrocarbures qui, en l'enrobant, retardent sa décomposition et par suite le dégagement d'acide sulfhydrique qui en est l'élément actif.

Essais sur rutabagas, septembre 1917 à mai 1918 : 2kg,2 de sulfure de calcium pur, additionnés de 2kg de naphtaline, produisent 520kg à l'are, alors que le témoin ne donne que 85kg. Augmentation relative 511 pour 100.

Les mélanges de sulfure et de carbures ayant donné les meilleurs résul-

tats dans les expériences en pots de 1918 (sulfure et naphtaline, anthracène ou huile lourde) ont produit une augmentation de 158 pour 100 pour les choux, de 131 pour 100 pour les godetias et de 128 pour 100 pour les tomates.

Essais sur choux de Hollande à pied court en pleine terre, traitement du 11 mai 1918, récolte du 12 juillet, sur un are :

Témoin....................................	3825 plants pesant 60^{kg}
$3^{kg},3$ CaS pur plus 3^{kg} naphtaline..............	5900 plants pesant 145^{kg}

L'accroissement de récolte est ici de 241 pour 100.

Conclusions. — Pendant la période de guerre actuelle, alors que l'apport d'engrais azotés est forcément limité, la stérilisation partielle des terres suppléera en partie, par une meilleure utilisation de leurs réserves, au manque d'azote qui se fait si cruellement sentir dans toutes les cultures. De plus, elle entrave le développement des parasites animaux et végétaux. Elle semble d'autant plus intéressante à effectuer que les terres sont plus riches en matières organiques et plus anciennement cultivées.

Dans la pratique agricole et horticole elle conduit à des augmentations de rendements considérables, qui doivent immédiatement attirer l'attention de tous les cultivateurs et producteurs de légumes.

M. **Jérôme Hourriez** adresse une *Note sur quelques valeurs de la quadrature approchée du cercle*.

La séance est levée à 16 heures et quart.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 SEPTEMBRE 1918.

PRÉSIDENCE DE M. P. PAINLEVÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Une Note de Dolomieu sur les basaltes de Lisbonne, adressée en 1779 à l'Académie royale des Sciences.* Note de M. **A. Lacroix.**

En préparant une Notice historique sur Dolomieu j'ai pu, grâce à M. le comte de Drée, arrière-petit-neveu de l'illustre minéralogiste, examiner un grand nombre de papiers inédits de ce dernier. J'y ai rencontré le manuscrit d'une Note adressée par lui à l'Académie des Sciences en 1779 et contresignée par son secrétaire perpétuel, Condorcet. Pour une raison inconnue, cette Note n'a pas été imprimée et a été rendue à son auteur.

En 1778, le chevalier de Dolomieu avait accompagné, en qualité de secrétaire, le prince Camille de Rohan dans son ambassade en Portugal. Il a séjourné pendant 3 mois et demi à Lisbonne et dans ses environs; il en a profité pour faire des observations géologiques; il a été ainsi le premier à reconnaître l'existence de *basaltes* dans le sol de la capitale. Dans sa Note, il en explique correctement l'origine volcanique, à une époque où la véritable nature de cette roche était discutée. Il donne en outre une description exacte de ses produits d'altération.

Dolomieu avait entretenu de ses observations Adanson, Desmarest et Faujas de Saint-Fond; ce dernier a inséré quatre lettres de Dolomieu (24 mars, 6 et 21 avril et 5 août 1778) en Appendice à son grand Ouvrage: *Recherches sur les volcans éteints du Vivarais et du Velay* qui achevait alors de

s'imprimer (1). La Note ci-contre résume ces lettres; il me semble cependant intéressant de la publier, car elle constitue le premier travail géologique rédigé en vue d'une publication par Dolomieu qui n'allait pas tarder à s'illustrer par ses travaux sur les volcans et leurs produits.

C'est à son retour du Portugal que, le 19 août 1778, Dolomieu fut élu correspondant de l'Académie.

Pendant sa vie si agitée, il avait recueilli une collection de roches considérable qui, à sa mort, fut fondue dans celle de son beau-frère, le marquis Étienne de Drée. La partie pétrographique de celle-ci est entrée en 1844 au Muséum d'Histoire naturelle. J'y ai retrouvé les basaltes de Lisbonne dont un échantillon porte encore une étiquette explicative de la main de Dolomieu.

J'ai communiqué le texte donné ci-après à M. Choffat, le savant géologue dont les travaux sur le Portugal sont bien connus de l'Académie; il a bien voulu me donner des éclaircissements qui m'ont guidé pour plusieurs des annotations que je joins au texte de Dolomieu; je lui dois aussi des échantillons de la région décrite.

Précis des observations que le Chevalier DEODAT DE DOLOMIEU *a soumises au jugement de l'Académie royale des Sciences et pour lesquelles elle a nommé des Commissaires.* (*Extrait de ses Notes sur le Portugal fait par l'auteur.*)

M. le Chevalier de Dolomieu a eu l'honneur de présenter à l'Académie une suite de pierres qu'il annonce comme des produits volcaniques et qu'il désigne sous le nom de *pierres basaltiques* ou *basaltes*. Il trouve dans les unes toute la dureté, la pesanteur et les autres caractères du basalte, et il regarde les autres comme ces mêmes basaltes qui passent par différents états de décomposition pour arriver à la ductilité de l'argile.

Ces pierres, d'après son catalogue, sont :

N° 1. Pierres basaltiques noires, très dures, écailleuses dans leur intérieur comme si elles contenaient des fragments de schorl qui auraient subi l'action d'un feu violent. Ces pierres se trouvent dans l'emplacement de la ville de Lisbonne et servent à paver les rues (2).

---

(1) M. Choffat a signalé il y a quelques années (*Commun. da direcção dos serviçoos geologicos, Lisboa*, t. 4, 1901, fasc. 1) ces lettres qui avaient passé inaperçues dans les annexes de cet Ouvrage fort ancien.

(2) Cette roche est un basalte doléritique.

N° 2. Pierres basaltiques noires, extrêmement dures, d'un grain fin et serré contenant quelques points vitreux ([1]). Elles se trouvent dans les environs de Lisbonne.

N° 3. Pierres basaltiques remplies d'une grande quantité de cristaux prismatiques quadrangulaires rhomboïdaux de schorl noir [augite] et de chrysolite [*olivine*] transparente. Ces pierres se trouvent en très grande quantité sur le chemin de Cintra à Mafra ([2]).

N° 4. Pierres basaltiques contenant une grande quantité de chrysolite assez dure et de fragments irréguliers de cristaux de schorl. Ces pierres sont une variété des précédentes et se trouvent dans le même lieu.

N° 5. Espèce de cuir ou liège fossile ([3]) qui se trouve entre les bancs ou fissures des pierres basaltiques à la manière des spaths [*calcite*] dans les pierres calcaires. Cette pierre, qui est blanche, lamelleuse, fort légère, qui a un peu de souplesse et qui n'est point attaquée par les acides, doit être formée par un dépôt des eaux qui, passant sur les basaltes, auront dissous une portion de l'argile qui forme leur base sans toucher à leur partie ferrugineuse.

N° 6. Pierres basaltiques grisâtres qui tombent en décomposition et dont le détritus forme une terre végétale argileuse très fertile. Celles-ci ont perdu la liaison de leurs parties. Elles se rompent au moindre effort, et contiennent des parties vitreuses, noires et luisantes. Les pierres dures des n°s 1 et 2 sont presque partout recouvertes de plusieurs pieds de ces pierres.

N° 7. Pierres friables qui recouvrent dans quelques endroits la pierre basaltique et qui semblent en être encore une décomposition. Elles contiennent une substance verte, en taches rondes, qui remplit les pores de la pierre et qui semble être une pierre ollaire ([4]); elle se coupe comme le savon; elle est grasse au toucher et ne fait ni gelée ni effervescence avec l'acide nitreux.

N° 8. Plusieurs autres pierres en décomposition, dont les unes plus dures contiennent,

---

([1]) Les roches de la collection de Dolomieu renferment deux types basaltiques, étiquetés seulement « Lisbonne ». L'un est un basalte feldspathique à éléments fins; l'autre est dépourvu de feldspath et pauvre en olivine, mais il renferme çà et là de grandes plages pœcilitiques de néphéline : c'est une néphélinite.

([2]) Ces basaltes offrent une grande analogie de composition et de structure avec le type d'Auvergne appelé *basalte porphyroïde* par les anciens géologues français.

([3]) Ce minéral, dont M. Choffat m'a procuré des échantillons, est un silicate d'alumine et de magnésie, riche en eau; c'est une *palygorskite;* elle est parfois imprégnée de calcite et devient alors rigide.

([4]) Silicate de magnésie un peu ferrifère cryptocristallin.

dans leurs pores arrondis, du spath cristallisé ([1]), et dont les autres approchent de plus en plus de l'état argileux, en conservant cependant encore quelques parties vitreuses.

N° 9. Argile rouge ferrugineuse qui couvre les coteaux basaltiques et qui est le détritus du basalte, ainsi que le prouve la gradation observée dans la décomposition de cette pierre, dont on peut suivre les différents états d'altération; cette terre est très fertile.

Les pierres des n°s 1 et 2, 3 et 4 sont regardées par le Chevalier de Dolomieu comme des produits du feu; il soutient son opinion par leur ressemblance exacte avec certaines laves anciennes de l'Auvergne et du Vivarais, par les parties vitreuses qu'elles contiennent, par leur propriété de faire de l'alun avec l'acide vitriolique, de se décomposer au contact de l'air et de former par le laps de temps une argile rouge ferrugineuse, effet qu'on observe dans les laves de l'Etna et du Vésuve, enfin sur la faculté qu'elles ont de se vitrifier sans addition, ainsi que le Chevalier de Dolomieu l'a vu dans celles de ces pierres qui se sont trouvées soumises à l'action de l'embrasement de Lisbonne après le tremblement de terre. Tous ces caractères réunis ont autorisé le Chevalier de Dolomieu à croire que les pierres qu'il observait étaient bien réellement volcaniques. Mais, en même temps que l'analogie le portait à penser qu'il avait découvert des anciens volcans dans le Portugal, les circonstances où il les trouvait le forçaient à suspendre son jugement.

Ces pierres se trouvant dans l'emplacement même de Lisbonne et dans tous ses environs à la distance de 3 et 4 lieues, elles semblent être cantonnées entre le *Tage*, la rivière de *Sacavem* et la mer, espace qui forme une espèce de presqu'île à l'extrémité de laquelle se trouvent de hautes montagnes de granite (montagnes de Cintra) ([2]); quelquefois elles forment le noyau ou le centre de quelques coteaux qui ont leur base sur la pierre calcaire et qui, à leur sommet, sont comme hérissés de ces pierres noires du milieu desquelles on voit sortir des plantes qui ont une très forte végétation. Ces coteaux sont entourés et enveloppés de coteaux calcaires qui

---

([1]) L'échantillon recueilli par Dolomieu est un basalte doléritique à grands cristaux d'olivine rubéfiée, renfermant de très nombreux globules de calcite de la grosseur d'un pois.

([2]) La nappe basaltique couvre en effet un énorme espace au sud de l'anticlinal Cintra-Caneças, mais il en existe des lambeaux au nord de cet anticlinal jusqu'au nord de Leiria.

recouvrent une partie de leur croupe, dont les pierres s'y appliquent immédiatement et semblent s'être formées sur ce noyau basaltique. Le Chevalier de Dolomieu cite une de ces montagnes qui fait partie du groupe de la *Juda* [l'Ajuda, base du Monsanto] sur laquelle est bâti le palais de Belem. Sa base qui est calcaire est baignée par la rivière d'Alcantara. En s'élevant sur sa croupe, on voit qu'elle change de nature et jusqu'à son sommet elle n'est plus formée que de pierres noires basaltiques [1]; elle est attachée à quelques montagnes calcaires, dont une, qui est au Nord, est aussi élevée qu'elle la touche presque jusqu'à son sommet et semble faire par sa base un même groupe; un ravin, qui sillonne sur la croupe de ces montagnes, forme la ligne exacte de démarcation, de manière que d'un côté on voit une pierre calcaire blanche très dure, à couches parallèles horizontales, contenant des corps marins, et de l'autre une pierre noire vitrifiable en grosses masses informes. D'un côté une argile rouge, très fertile, et de l'autre une terre blanche crétacée entièrement stérile, sur quoi le Chevalier de Dolomieu remarque que, par la nature de la terre qui recouvre les coteaux des environs de Lisbonne et sa fertilité, on peut juger de la nature de la pierre qui en fait le noyau.

Cette même pierre forme dans quelques circonstances la base des coteaux dont le sommet est calcaire. Elle se trouve en bancs [2] de plusieurs pieds d'épaisseur avec du sable rouge ferrugineux au milieu des couches calcaires; elle fait des espèces de courants comme on l'observe dans les anciennes laves de l'Auvergne et de la Sicile. Enfin elle forme le sol d'une plaine ou [plateau] inégal qui a près de 3 lieues de diamètre [3]. On y remarque des fissures verticales dans différents sens qui donnent, à quelques morceaux, une apparence de cristallisation [4]. Mais le Chevalier de Dolomieu n'ose pas décider que c'en soit une plutôt que le simple effet du

(1) Un échantillon recueilli au-dessus du palais est un basalte à éléments moyens dont l'olivine, peu abondante, est en partie transformée en bowlingite.

(2) Ce sont probablement des filons de basalte compact, tandis que le sable ne se trouve qu'au-dessus de la nappe, dans les couches de Bemfica.

(3) Plaine au centre de laquelle est le palais de Queluz.

(4) On sait qu'à cette époque les prismes de basalte étaient considérés comme des cristaux gigantesques. Les bancs de lave dure sont parfois divisés en prismes grossiers, mais ils sont fendus horizontalement ou obliquement. Dans cette région, ce n'est que dans les culots que se trouvent de véritables prismes résistants, utilisés pour montants de portes, de fenêtres, dans les constructions pauvres du voisinage.

hasard, quoi qu'il ait vu à plusieurs pierres une forme prismatique à plusieurs angles.

Il parle de plusieurs montagnes entre Cintra et Mafra, et à Mafra où les pierres ont plus que partout ailleurs les caractères volcaniques, mais qui, par leurs circonstances, sont tout aussi embarrassantes. Tantôt elles forment le sommet de quelques coteaux de forme conique émoussée dont la base porte sur la pierre calcaire à couche horizontale ([1]), ailleurs, elles en forment la base, et le sommet, de forme irrégulière, est calcaire. Dans la cour du palais de Mafra, on voit des bancs de marbre sur des pierres basaltiques pleines de schorl ([2]).

Après s'être proposé toutes les objections qu'on pourrait faire contre son opinion, après s'être demandé si le basalte dont il s'agit ne pouvait pas devoir sa formation à l'eau, après avoir étudié les naturalistes qui ont travaillé avant lui sur cette matière, et qui, tels que M. Desmarest ([3]), ont ouvert une nouvelle carrière aux observateurs, le Chevalier de Dolomieu se détermine à conclure que les pierres qu'il a découvertes sont réellement le produit du feu, qu'elles en ont tous les caractères, mais qu'elles contiennent, ainsi qu'on le voit dans beaucoup de laves, des schorls et d'autres corps étrangers plus ou moins altérés.

Le Chevalier de Dolomieu se demande ensuite comment dans un pays qui doit être regardé comme calcaire, et dont le sol l'est véritablement, il peut se trouver une aussi grande quantité de pierres volcaniques mêlées avec des pierres d'une nature toute différente et presque confondues

---

([1]) Ce sont des crêtes de culots de basalte très dur dont les prismes atteignent 2^{m} de hauteur; le pourtour est formé par des calcaires et des grès du crétacique moyen ou inférieur ou même du jurassique, en couches faiblement inclinées.

La constitution de ces roches à faciès basaltique est certainement complexe : un échantillon (qui est celui étiqueté par Dolomieu : « Pierre basaltique noire contenant quelques fragments de schorl. Elle fait effervescence avec les acides parce qu'elle touchait à la pierre calcaire. Elle est couverte sur une de ses faces par des particules pyriteuses jaunes. Entre Cintra et Mafra ») provient certainement d'un filon et présente un caractère camptonitique : des phénocristaux de hornblende, d'augite et de magnétite ainsi que de fins microlites de hornblende sont enveloppés dans de grandes lames de plagioclase à angle d'extinction très faible; la roche est imprégnée de calcite et contient de la pyrite.

([2]) D'après M. Choffat, le basalte de Mafra est un sill.

([3]) Le célèbre Mémoire de Desmarest sur la nature et l'origine du basalte a été publié dans les *Mémoires de l'Académie* en 1774.

ensemble; comment on peut supposer des volcans dans un lieu où les montagnes n'ont point la forme conique ([1]), ni les cratères qui les caractérisent, où l'on ne trouve ni laves poreuses, ni pierres ponces, ni pouzzolanes ([2]) et où toutes les circonstances semblent combattre cette opinion. Il finit par proposer un système qui lie les faits avec les circonstances, mais qu'il n'hasarde qu'avec la plus grande circonspection.

Il suppose que les volcans de Lisbonne étaient postérieurs à une alluvion qui a formé le sol calcaire ([3]) de cette partie du Portugal, sur lequel portent plusieurs de ces montagnes, mais antérieurs à un autre déluge qui aura établi sur les masses basaltiques de nouveaux bancs calcaires ([4]), qui aura formé, autour des monticules volcaniques, des coteaux calcaires auxquels les premiers auront servi de noyau ou point d'appui; que, par le mouvement et le ballottement des eaux, ses pointes se seront émoussées, les cratères détruits, que les pierres de moindre dureté, telles que les laves poreuses, les pierres ponces, les scories, se seront brisées et réduites à leur moindre partie ([5]), que les montagnes presque enveloppées et recouvertes par de nouveaux dépôts auront perdu leur caractère, et que peut-être l'eau de la mer elle-même aura contribué à l'altération du basalte et à son passage à l'état d'argile. Tel est le système qu'il osa proposer, mais dont il se désistera sans peine, si on lui présente une opinion qui cadre mieux avec tous les faits.

Il ajoute que la rencontre d'anciens volcans, dans l'emplacement même de Lisbonne et dans ses environs, pourrait servir à expliquer les tremblements de terre qui ont ébranlé et renversé la ville à différentes époques presque périodiques, et à trouver une cause aux mouvements souterrains et très violents qu'on y ressent très souvent ([6]).

Les environs de Lisbonne ne sont pas les seuls endroits volcaniques du Portugal. Le Chevalier de Dolomieu parle d'une montagne fort élevée dans

---

([1]) Il existe bien des collines coniques, mais ce sont des culots basaltiques; il n'y a en effet pas trace de cratère.

([2]) Il existe cependant quelques lapilli amygdaloïdes.

([3]) Calcaire turonien (Choffat).

([4]) Couches de Bemfica non fossilifères (Oligocène ? Choffat).

([5]) Cette hypothèse est rendue vraisemblable par l'existence de blocs de basalte à la base du conglomérat supérieur.

([6]) On sait que cette explication est inexacte; les tremblements de terre de Lisbonne ont une origine tectonique.

la province de *Beira*, confins de *Tra los montes* [Tras os Montes], connue en portugais sous le nom de *Sierra* [Serra] *de l'Estrella* et que les Romains appelaient *Mons herminius*. Elle est extrêmement élevée, de forme conique, on entend, en la montant, un bruit souterrain qui fait croire que la montagne est vide dans son centre. On y trouve quelques cavités, on voit à son sommet une grande excavation dont le fond est un lac entouré de rochers escarpés. L'eau de ce lac a un mouvement d'ébullition et un endroit par où elle s'engouffre et s'écoule. A la base de cette montagne on voit des colonnes de basalte prismatiques et articulées. On conserve une de ces colonnes à l'Université de Coïmbre, qui est cristallisée très régulièrement. Tous ces caractères désignent évidemment un volcan [1].

Ce Mémoire m'a été remis par M. le Chevalier de Dolomieu pour être paraphé, ce que j'ai fait le 16 janvier 1779.

Le M[is] DE CONDORCET,
Secrétaire de l'Académie des Sciences.

NAVIGATION. — *Critérium des formes de carènes favorables aux plus grandes vitesses*. Note de M. E. FOURNIER.

1. Cette Note a pour objet de combler des lacunes importantes dans nos connaissances sur les modes de variations, avec la vitesse V des navires, de la résistance R de l'eau à la translation de leurs carènes. Elle indique, en outre, un critérium de nature à guider, au besoin, l'ingénieur dans le tracé des *lignes d'eau*, parallèles au plan de flottaison, d'une carène à l'étude, de façon à la doter des *formes de moindre résistance* à sa translation, dans les limites compatibles avec les données fondamentales de son avant-projet. Enfin, elle fournit le moyen immédiat de reconnaître le *degré d'aptitude aux plus grandes vitesses* d'une carène quelconque, simplement d'*après la grandeur relative d'un coefficient caractéristique de sa convexité latérale*, que je vais définir.

---

(1) Un autre manuscrit trouvé dans les papiers de Dolomieu montre qu'il n'a été ni à la Serra de l'Estrella ni à Coïmbre; les renseignements qu'il donne dans ce dernier paragraphe sont donc fournis par lui d'après renseignements, et ceux-ci étaient inexacts. Cette Serra se trouve à la limite du granite et des schistes cambriens; il n'y existe pas de laves; les petits lacs du sommet sont d'origine glaciaire et leur eau est froide (Choffat).

2. Je me suis depuis longtemps proposé de rechercher comment varie, avec la vitesse des navires, la résistance R de l'eau à la translation de carènes de navires, dans la navigation ordinaire, à ciel ouvert, en envisageant seulement des carènes en fer neuf fraîchement peint, ayant, suivant l'usage, leur section droite à leur milieu, mais sans portion cylindrique nuisible, on le sait, à la vitesse.

Pour y parvenir, j'ai eu recours aux mesures expérimentales de R et de V recueillies, par les soins éclairés de notre service technique des constructions navales, dans le bassin d'essais de Paris outillé et consacré à cet effet, sur des modèles de carènes de navires de mer, de haut bord et de flottilles, de tous types et que j'ai choisis parmi les plus dissemblables en formes et en dimensions.

La discussion de ces observations, entre autres, dont il sera rendu compte dans une prochaine Note, et de celles que j'ai pu obtenir sur quelques types spéciaux de *canots de course automobiles extra-rapides*, m'a permis d'embrasser l'ensemble des particularités caractéristiques auxquelles peut donner lieu la résistance de l'eau à la translation des carènes des navires en navigation ordinaire, et d'en déduire les conclusions nouvelles formulées, en partie, dans cette première Note.

3. Il y a lieu de classer les navires de mer en deux catégories bien distinctes : l'une, où ils *conservent systématiquement, à toutes les vitesses, l'horizontalité primitive de leur plan de flottaison;* l'autre, où ce *plan s'incline, à partir d'une vitesse critique* W, pour les causes et dans les conditions que je vais indiquer :

Cette vitesse W est celle qui ne laisse subsister, au-dessus de la flottaison de la carène, que les *deux premiers sommets* de la *houle satellite* du navire, de part et d'autre du creux ondulatoire intermédiaire ayant alors son point le plus bas, au-dessous de la flottaison, sur le contour de la section droite de la surface immergée Σ du navire.

Elle a pour expression

$$(1)\qquad W = 0,7911\sqrt{L}\left[1 + 0,9707\left(\frac{l}{p} - 2,02\right)\left(3,175 - \frac{l}{p}\right)\left(3 - \frac{l}{p}\right)\right]$$

en fonction de la longueur L du plan de flottaison, de sa largeur principale l et de sa profondeur moyenne p, qui est celle de cette section droite.

Le partage des navires de mer, entre ces deux catégories bien distinctes,

doit se faire en les classant : dans la première, ou dans la seconde, selon que le coefficient de convexité latéral ω de leur carène est *plus grand* ou *plus petit* que sa valeur critique, qui est une constante générale $\omega_0 = 0,18$.

Enfin, j'ai reconnu que ce coefficient doit être calculé par la formule

$$\omega = \sqrt{\sin I \sin I_m}, \tag{2}$$

en fonction de la moyenne I_m, des incidences maximum d'attaque I, I′, I″, ... des lignes d'eau de la *proue*, parallèles au plan de flottaison, parmi lesquelles I est celle de la ligne d'eau de ce plan.

4. *Dans le premier cas*, où $\omega < \omega_0$, l'entretien du train arrière de la houle satellite se fait exclusivement par un afflux de remplacement latéral, sous les réactions du milieu, perpendiculaires au *plan de dérive* et, par suite, à la direction de la translation, en laissant libre cours au déploiement, dans le sillage, des ondes trochoïdales qu'il entretient. Il en résulte que le creux ondulatoire, qui subsistait, seul, à la vitesse W, dans la maîtresse partie de la carène, s'allongeant sans obstacle vers l'arrière en s'approfondissant de plus en plus au-dessous de la flottaison, à mesure que $\frac{V}{W}$ augmente, permet à la poupe de s'y abaisser. D'autre part, la proue émerge, en conséquence, soulevée par les impulsions de la vague d'étrave, seul sommet restant au contact de la carène, en avant de sa section droite, à partir de la vitesse W.

L'accroissement relatif de la résistance R de l'eau due aux reliefs de cette carène se trouve ainsi atténué : *En arrière de cette section*, par la diminution de la *résistance des dépressions*, en partie comblées par la *surimmersion* de la poupe; et, *devant elle*, par l'*émersion* correspondante de la proue qui la soustrait, dans une proportion analogue, à la *résistance par obstruction* qu'elle subit en pénétrant dans la masse liquide.

Cette atténuation, favorable à la vitesse, augmente donc, à mesure que l'inclinaison θ sur l'horizon, du plan de flottaison, grandit avec le rapport $\frac{V}{W}$, suivant une relation à laquelle j'ai été conduit à attribuer l'expression

$$\sin\theta = \left(1 - \frac{W^2}{V^2}\right)\sqrt{\omega(\omega_0 - \omega)}\,\sin\pi\left(\frac{\partial}{L}\right)^{\frac{\log 2}{\log 3 - \log 2}}. \tag{3}$$

Elle montre que, $\frac{V}{W}$ croissant depuis $\frac{V}{W} = 1$, vers $\frac{V}{W} = \infty$, θ augmente,

de $\theta = 0$, vers une limite finie Θ donnée par la relation

$$(4) \qquad \sin\Theta = \sqrt{\omega(\omega_0 - \omega)}\,\sin\pi\left(\frac{\delta}{L}\right)^{\frac{\log 2}{\log 3 - \log 2}}$$

dont le maximum absolu, $\sin\Theta = \frac{\omega_0}{2} = 0{,}09$, correspond à l'inclinaison limite $\Theta_m = 5^\circ 10'$, et est atteint en même temps que ceux des deux facteurs de l'expression (4) : le premier, pour $\omega_m = \frac{\omega_0}{2}$; le second, pour $\frac{\delta}{L} = \frac{2}{3}$, parce que $\left(\frac{2}{3}\right)^{\frac{\log 2}{\log 3 - \log 2}} = \frac{1}{2}$.

Enfin, le fait que le facteur $\sqrt{\omega(\omega_0 - \omega)}$ deviendrait *imaginaire* pour des valeurs de ω plus grandes que $\omega_0 = 0{,}18$ confirme que, *seules*, les carènes dont le coefficient de convexité latérale ω est moindre que cette valeur critique ω_0 *sont aptes à prendre, à partir de la vitesse* W, une inclinaison favorable à la vitesse, par *surimmersion de la poupe* et *émersion de la proue*. Pour le *Boutefeu*, le plus rapide, je crois, de nos contre-torpilleurs, car il atteint la vitesse maximum de 35 nœuds, ou 18^{m} par seconde, la formule (3) donne une valeur de θ égale à $3^\circ 6'$, avec les caractéristiques $\omega = 0{,}132$, $\frac{\delta}{L} = \frac{1}{2}$ et $W = 6^{m},92$, à cette vitesse limite.

5. La formule (3) explique pourquoi les constructeurs de *canots de course, automobiles*, ont été conduits par l'expérience à leur donner, dans le but exclusif de leur faire remporter des prix de vitesse dans les régates en mer calme, de si petites longueurs, et leurs formes spéciales, à fond plat, à l'extrémité de leur poupe.

D'après l'expression (1) de W on peut vérifier aisément, en effet, que, $\frac{l}{p}$ ne dépassant pas les deux limites de 3,2 et 1,9 sur les navires de mer, cette vitesse critique varie, assez sensiblement, comme $\sqrt{L}$. Le facteur $\left(1 - \frac{W^2}{V^2}\right)$ est donc d'autant plus grand, à valeurs égales de V^2, que W^2 et, par suite, L sont plus petits.

De plus, en reculant la section droite de ces canots vers l'arrière, *jusqu'aux deux tiers* environ *de leur longueur* L, ils ont élargi le plus possible leur poupe et affiné, en conséquence, leur proue, latéralement. Il en résulte que ω y atteint ses plus petites valeurs et que la dépression ondulatoire, creusée en arrière de cette section droite par sa translation et dans laquelle

doit s'abaisserla poupe, en faisant émerger la proue, est aussi profonde que possible et donne ainsi au plan de flottaison une inclinaison voisine de sa limite $\Theta = 5^\circ 10'$.

6. Mais sur les carènes de formes et de dimensions usuelles, dont la convexité est caractérisée par un coefficient ω plus grand que $\omega_0 = 0,18$, les réactions du milieu, perpendiculaires au plan de dérive, ne suffisent plus, à partir de la vitesse W, à assurer latéralement le remplacement, en arrière des reliefs de ces carènes, de l'eau qu'ils refoulent devant eux en la dénivelant. Il s'y produit alors, *par amorçage*, dans le sens des moindres pressions et sous les réactions verticales du milieu, perpendiculaire au plan de flottaison et par suite à la direction de la translation, un afflux de remplacement complémentaire dont l'effet est de maintenir, soulevée, au-dessus de l'extrémité arrière de ce plan, la crête d'une *vague de fond, du genre solitaire*, grossissant, tant que V augmente, et devenant ainsi, à *toutes les vitesses plus grandes que* W, un *obstacle permanent* à toute *surimmersion de la poupe*.

Dans ces conditions, l'accroissement relatif de la résistance R augmente en conséquence par obstruction suivant une progression d'autant plus onéreuse, pour la force motrice du navire, que ω et $\frac{V}{W}$ sont plus grands.

7. De cette simple analyse il résulte que : Pour *reconnaître si les formes d'une carène* quelconque, du genre envisagé dans cette Note, *sont aptes à faire prendre à son plan de flottaison une inclinaison favorable aux plus grandes vitesses, par une surimmersion de sa poupe et une émersion correspondante de sa proue*, il suffit de relever, sur ses plans, les incidences d'attaque I et I_m des *lignes d'eau* de sa proue, parallèles à son plan de flottaison, et de vérifier qu'elles satisfont au critérium

$$\omega = \sqrt{\sin I \sin I_m} < \omega_0 = 0,18$$

s'étendant jusqu'au minimum $\omega_m = \frac{\omega_0}{2} = 0,09$ de ω.

Les considérations précédentes trouveront leur confirmation dans les expressions de R, en fonction de V, que j'ai déduites des données expérimentales du bassin d'essais de Paris sur des modèles de carènes de formes usuelles, ayant leur section droite, à leur milieu, sans partie cylindrique, et qui seront exposées dans une prochaine Note complétant les résultats de mes recherches sur ce sujet.

M. **Bigourdan** signale la disparition actuelle du *moineau* des campagnes d'une région où cet oiseau était abondant il y a peu de temps encore : le point où a été faite cette observation est la commune de Sistels, située dans le département de Tarn-et-Garonne et contiguë aux départements du Gers et du Lot-et-Garonne. Aucun changement de culture ne s'est produit récemment dans cette région.

BOTANIQUE. — *Les principes de la classification botanique.* Note (¹) de M. **Paul Vuillemin.**

La classification des plantes a précédé la Botanique. Le règne végétal fut d'abord envisagé par l'homme comme une partie du domaine qu'il pouvait exploiter à son profit et la classification comme un inventaire de ses richesses. Les premiers systèmes apprécient les qualités des plantes, non pour elles-mêmes, mais pour l'usage que l'homme s'en promet; ce sont des *classifications* anthropocentriques ou *économiques*. Les systèmes ne sont pas encore désintéressés, quand on choisit les caractères les plus apparents, les plus commodes à manier pour arriver promptement à la détermination des espèces utiles ou nuisibles.

Quel que soit le degré d'empirisme ou d'idéalisme qu'elles comportent, les *classifications botaniques* diffèrent des classifications économiques en ce que le savant s'efface lui-même et écarte toute préoccupation étrangère à l'objet de son étude, qui est la plante, considérée dans ses rapports avec les autres plantes.

Ces rapports sont les *affinités* qui, d'après leur degré, permettent d'ordonner, suivant des lignes simples ou ramifiées, tous les représentants du règne végétal, comme des articles différant d'autant moins qu'ils sont plus voisins, d'autant plus qu'ils sont plus éloignés les uns des autres.

Le *principe de l'affinité* suffit pour transformer une juxtaposition en enchaînement logique et construire un système statique, qui est déjà une classification rationnelle. Le système de Tournefort est un modèle du genre, si l'on s'en tient à la ligne directrice, en appréciant l'esprit plus que la lettre et sans s'arrêter à l'insuffisance des détails.

Le système est basé principalement sur l'appareil reproducteur pris en

---

(¹) Séance du 16 septembre 1918.

bloc; son harmonie n'est troublée que par l'introduction maladroite d'un second caractère primordial sans rapport avec le principal. Souscrivant à une antique coutume, Tournefort partage d'abord les végétaux en herbes et arbres; s'il innove en plaçant les herbes en tête, c'est qu'il considère le simple comme d'un type plus pur que le composé. Nous rendrons au système son unité en rapprochant des classes rangées parmi les herbes les classes d'arbres qui leur correspondent par l'appareil reproducteur; une seule, les Amentacées, est réfractaire à cette assimilation.

Pour éviter l'expression incohérente de « fleurs sans fleurs », nous substituerons « appareil reproducteur » à « fleur ». Avec ces corrections de pure forme, le système de Tournefort apparaît comme une *série continue* du simple au composé et du complet à l'incomplet. Nous en reproduisons les grandes lignes, en ajoutant entre [ ] quelques mots destinés à en éclaircir le sens.

[*Appareil reproducteur*]. Fleurs
- pétalées
  - simples
    - [*à corolle simple*] monopétales,
    - [*à corolle composée*] polypétales,
  - composées,
- apétales
  - simples,
  - [*composées*] Amentacées,
- sans fleurs,
- sans fleurs ni fruits.

Le principe de l'affinité ne prescrit aucune règle pour lire le tableau de Tournefort de haut en bas plutôt que de bas en haut. Si l'auteur commence par le type le plus simple et le plus complet, c'est qu'il y trouve l'étalon auquel il est facile de mesurer le degré d'élévation des plantes qui n'en ont pas tous les attributs.

Le *principe de la filiation* est venu imprimer une nouvelle impulsion à la systématique. Il repose sur ce fait que, dans l'enchaînement des formes végétales, les différences séparant les espèces voisines sont de même ordre que celles qui distinguent les plantes issues, ou supposées issues, de parents communs, que l'on est convenu de réunir dans une même espèce. La doctrine transformiste prend à la lettre le mot *filiation;* mais qu'ils l'emploient au propre ou au figuré, les botanistes s'accordent aujourd'hui à symboliser la classification naturelle par un arbre généalogique et à placer au bas de l'échelle les végétaux les moins différenciés, dont les autres dérivent par modifications graduelles, le plus souvent progressives.

Les botanistes n'avaient pas attendu Lamarck et Darwin pour parler de familles naturelles; ils peuvent, sans scrupule, employer les termes

souche, *lignée*, *filiation*, *dérivation*, qui expriment avec force les rapports logiques si bien décelés par Tournefort, tout en marquant le sens ascendant de l'évolution.

Mais la glossologie n'est pas encore entièrement conforme à la méthode inductive, dont se réclame la systématique, basée sur le principe de la filiation apparente ou réelle. Dès que l'on admet que les plantes inférieures n'ont rien de commun avec leurs dérivés plus avancés, on doit s'interdire de leur appliquer des termes qui, sous une forme négative, supposent la connaissance des plantes supérieures. Ainsi les termes *apétales*, *sans fleurs*, qui avaient un sens précis quand Tournefort exprimait des rapports logiques entre une plante donnée et un type de son choix, sont dénués de toute signification, lorsqu'on envisage des groupes antérieurs à l'apparition des pétales ou des fleurs.

Ces vices de langage mériteraient à peine d'être relevés, s'ils n'étaient l'indice d'une erreur de méthode qui pèse lourdement sur le progrès de la systématique.

Les disciples plus ou moins conscients d'Hegel et de Kant ont substitué au type empirique de Tournefort une forme pure, sorte d'émanation mystique du Moi transcendantal, vers laquelle tous les végétaux tendent avec plus ou moins de succès. Par une étrange contradiction, d'excellents observateurs, parfois doublés de transformistes convaincus, traitent les êtres inférieurs en formes dégradées, dépouillées, qui de corolle, qui de fleur, qui de tige feuillée, qui de racine. D'accord avec Celakovsky, Eichler propose naïvement d'expliquer les cas obscurs en partant de ceux dont l'interprétation est évidente; il considère comme incomplètes les plantes qui ne répondent pas au modèle arrêté, au *plan* préétabli : « Il est pour moi, dit-il, absolument invraisemblable que, chez les Dicotylédones, un axe floral débute par la production immédiate d'étamines sans formation préalable de quelque autre sorte de feuille, du moins dans le plan de la fleur. » Cette profession de foi est d'autant plus significative qu'elle est faite au sujet des Pipéracées, placées par Eichler à la base même des Dicotylédones.

Il est temps de dépêtrer la systématique de cette défroque dogmatique et de la ramener aux traditions du bon sens français.

Partons du Tableau de Tournefort lu de bas en haut. Avant tout complétons la glossologie, appauvrie par l'exclusion des mots qui ne conviennent pas à la méthode iuductive.

L'abus du mot *fleur* est flagrant; il doit être abandonné à la langue

vulgaire qui ne se préoccupe pas de valeur morphologique. Le langage technique ne peut se l'approprier sans en dénaturer le sens.

Nommons *gonelle* l'ensemble de l'appareil reproducteur. La partie essentielle de la gonelle est formée des organes sexuels, de leurs éléments générateurs et de leur produit. Chez les plantes les plus élevées, la corolle, différenciée aux dépens de l'androcée, réalise le type supérieur ou *anthogonelle*. Nous lui opposons l'*haplogonelle*. D'abord dispersée sur des portions quelconques de la plante ou sur la surface d'un spadice, c'est l'*amphigonelle;* concentrée sur un réceptacle terminant un pédicelle, c'est l'*acrogonelle*.

Nous nommerons *Anthogones* les plantes munies de corolle, *Haplogones* celles qui n'en ont pas; parmi ces dernières, nous distinguerons les *Amphigones* et les *Acrogones;* mais ces degrés d'évolution, reliés par des transitions, s'opposent aux catégories qui rompent artificiellement les liens naturels et aux conventions qui divisent le règne végétal en embranchements, classes, ordres, familles, etc.

Artificiellement discontinus, les systèmes approchent de la méthode naturelle dans la mesure où ils tiennent compte du *principe de continuité*. Nous possédons une classification satisfaisante des Cryptogrames et des Gymnospermes, toutes Haplogones. Celle des Angiospermes doit être revisée en tenant compte du degré d'évolution.

Laissant provisoirement de côté les Monocotylédones, que l'on tend à considérer comme une ou plusienrs branches détachées du tronc principal de la lignée des Angiospermes, nous concentrerons notre attention sur les Dicotylédones, qui constituent ce tronc.

Nous plaçons la base des Dicotylédones au niveau des Lycopodinées hétérosporées. Vu la pénurie des documents paléontologiques, nous assignerons le rang initial aux plantes actuelles réunissant le plus grand nombre d'indices d'infériorité. Le système de Tournefort nous signale les Haplogones. Le premier signe d'infériorité est l'*haplogonelle*, avant tout l'*amphigonelle* des Amentacées. Les haplogonelles sont souvent *diclines*. Les *ovules droits*, les *carpelles* individuellement *ouverts* comme les écailles ovulifères ou sporangifères, mais formant ensemble un *ovaire uniloculaire,* sont d'autres signes d'infériorité.

La feuille différenciée est un produit de la concrescence de phyllomes élémentaires comme ceux des Lycopodes, dont nous trouvons des vestiges dans les stipules et les gaines. Les *feuilles stipulées* ou *engainantes* sont encore un indice d'infériorité.

Les Dicotylédones Amphigones cumulent tous ces caractères archaïques; sous la réserve que nulle catégorie n'est rigoureusement fermée, elles forment une seule classe, les Amentales, que nous inscrirons à la base de la série. Les Acrogones en dérivent; on y distingue plusieurs classes reliées aux divers ordres d'Amentales. Les Anthogones constituent des classes multiples rattachées, soit directement aux Amentales, soit à quelque classe d'Acrogones.

L'excellence de la méthode de Tournefort, basée sur le principe de l'affinité renforcé depuis par le principe de la filiation, ressort de son adaptation aux progrès accumulés depuis plus de deux siècles.

M. H. **Le Chatelier** fait hommage à l'Académie : 1° d'un Ouvrage de M. Witold Broniewski, intitulé : *Introduction à l'étude des alliages*, dont il a écrit la Préface; 2° d'une brochure intitulée : *La tenue scientifique de la maison*, par Mistress Christine Frederick (extraits), qu'il a complétée par une Préface et une Conclusion.

PLIS CACHETÉS.

M. **Mary Laurent** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 16 septembre 1918 et inscrit sous le n° 8571.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient un Mémoire intitulé : *Les impondérables dans la nature*.

(Renvoi à l'examen de la Section de Chimie.)

CORRESPONDANCE.

M. **W.-W. Campbell**, élu Correspondant pour la Section d'Astronomie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance :

Jean Escard. *Les fours électriques de laboratoire*. (Présenté par M. Branly.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions abéliennes à trois variables indépendantes*. Note (1) de M. G. Scorza, présentée par M. Humbert.

MM. G. Humbert et P. Lévy, dans une importante Note (2), ont étendu aux fonctions abéliennes à trois variables indépendantes la méthode que M. Humbert a développée, il y a plusieurs années, pour les fonctions hyperelliptiques à deux arguments.

Peut-être n'est-il pas sans intérêt de donner ici la classification des fonctions abéliennes à trois variables, que l'on obtient en se plaçant au point de vue que je viens de développer dans mes travaux récents sur les matrices de Riemann.

Soit J un corps de fonctions abéliennes à trois variables et soient k et h ses *indices de singularité et de multiplicabilité*.

Si le corps J est *pur* (c'est-à-dire s'il n'admet pas des fonctions qui puissent se réduire à des combinaisons rationnelles de fonctions abéliennes à une ou deux variables), il ne peut être que de *quatre* types différents, caractérisés par les valeurs suivantes des indices k et h :

(1) $$k = h = 0;$$

(2) $$k = 0, \qquad h = 1;$$

(3) $$k = h = 2;$$

(4) $$k = 2, \qquad k = 5.$$

Si le corps J est impur, il ne peut être que de *dix-huit* types différents. Ce sont les types que j'ai déjà indiqués dans mon Mémoire des *Rendiconti* de Palerme, 1916.

Parmi les corps purs, les corps du type (2) ou (4) sont particulièrement intéressants. Les corps (2) sont non singuliers, mais à multiplication complexe; les corps (4) répondent, pour le cas de trois variables, aux corps de fonctions abéliennes, à deux variables, simplement singulières et à multiplication complexe la plus compliquée, dont la découverte est une des plus belles contributions de M. Humbert à la théorie des fonctions abéliennes.

Enfin il y a lieu d'observer que, si un corps de fonctions abéliennes

---

(1) Séance du 16 septembre 1918.

(2) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1609.

à p variables indépendantes est pur et *si p est un nombre premier impair quelconque*, ses indices de singularité et de multiplicabilité, k et h, ne peuvent avoir que les valeurs suivantes :

(I) $k = h = 0$;

(II) $k = 0, \quad h = 1$;

(III) $k = h = p - 1$;

(IV) $k = p - 1, \quad h = 2p - 1$.

L'ensemble des corps du type (IV) est dénombrable.

ACOUSTIQUE. — *Sur la gamme tempérée et sa transformation en gamme chroma-commatique moderne.* Note [1] de M. **Gabriel Sizes**, transmise par M. Camille Saint-Saëns.

La gamme tempérée est nécessairement la gamme fondamentale de la musique moderne. Elle qualifie le *premier état* des sons musicaux : l'*état neutre*. Par cela même c'est la gamme de la *synonymie* des sons. Tout son *neutre* n'obéit qu'aux lois et règles concernant l'enchaînement et l'orthographe des sons. Les harmonies qui en découlent sont des *harmonies neutres* consonantes ou dissonantes, qui peuvent impliquer certaines *préparations*, certains *enchaînements* la plupart conventionnels, mais non soumis à *une loi quelconque de résolution* essentiellement contraire à la nature de ces sons. Les demi-tons diatonique et chromatique, étant *en fonction de l'octave*, sont égaux.

En dehors de l'*étude physiologique des sons* et contrairement à la doctrine helmholtzienne, la pratique musicale ne peut prendre en considération la théorie des *sons résultants*, lesquels seraient toujours inharmoniques s'ils se manifestaient perceptiblement avec des agrégations de 3, 4 et 5 sons, sans compter les artifices harmoniques; il n'y aurait plus de musique possible. Heureusement que *les rapports tempérés détruisent* cette ingérence inopportune; pour cette seule raison, si l'obligation de tempérer les sons n'avait pas existé, les musiciens modernes l'eussent créée. Il découle de ces faits, que *tous les intervalles* doivent suivre la loi fatale du tempérament.

Une légende funeste à la clarté de la véritable théorie de la musique emplit encore l'enseignement musical. Sans savoir pourquoi et contrairement à tous les faits, on dit

---

(1) Séance du 16 septembre 1918.

que le ton est composé de 9 commas? De quel comma s'agit-il et qu'est-ce que le comma? Le comma 81 : 80 de la *gamme des allemands* est une erreur; dans la pratique il devient une fiction. Il n'est le sous-multiple d'aucun intervalle. Il est le produit d'une *négation :* le complément du *ton mineur* au ton majeur? mais *le ton mineur n'a jamais existé en musique* et il ne peut pas exister; de là l'impraticabilité de cette gamme barbare dans son ingénuité. D'après ce comma le ton 9 : 8 en compte presque *neuf et demi :* 9,48; le ton tempéré 9,30. Le comma de Pythagore ressort d'un phénomène acoustique positif; il est l'excès d'une progression de 12 quintes sur le résultat d'une progression de 7 octaves partant d'un même terme. Malheureusement la pratique musicale ne peut s'en servir n'étant pas non plus *un sous-multiple direct.* Les Grecs ne comptaient que par *quarts de ton.* Puisque le comma est une mesure arbitraire et que le *tempérament* proportionne les formes musicales à l'étalon idéal qu'est l'octave, pour utiliser judicieusement le comma dans un système perfectionné, conscient, il faut qu'il soit *en fonction de l'octave*, c'est-à-dire *un sous-multiple exact de tous les autres intervalles.* D'autre part : il doit ressortir d'un phénomène acoustique indiscutable et adéquat à la pratique musicale.

Il manque aux sons de la gamme tempérée *l'expression, la vie, le mouvement*, qu'Aristoxène avait limités théoriquement aux seuls degrés *mi-fa* et *si-ut* d'une musique unitonique. Le chromatisme moderne exige la possibilité de ces *deux mutations de fonctions* à tous les degrés de la gamme indistinctement. L'étude acoustique des accords musicaux nous démontre qu'il n'existe que *deux influences commatiques*, ou *tendances résolutives*, ou *expressions des sons :* leur *transformation harmonique* en *fonction de* 7e *harmonique* (tendance résolutive descendante), ou en celle de *note sensible* (tendance résolutive ascendante, effet du 13e harmonique).

C'est la propriété absolue du *rapport musical* de *quinte diminuée* et par renversement de celui de *quarte augmentée* lorsqu'ils dérivent de l'*accord harmonique de septième de dominante;* et par similitude : de tous les intervalles devenus *exharmoniques par altération.* Les sons pris isolément n'ont aucun sentiment esthétique propre, ils n'ont d'autre valeur que leur *intonation,* ou *hauteur absolue* ([1]).

([1]) On interprète mal ce qu'est l'attraction des sons. On dit : la tonique *attire* la note sensible? C'est un non-sens acoustique. Pour qu'un *aimant* attire il faut d'abord qu'il existe. En acoustique, *l'attraction* et par renversement *la répulsion* de *deux sons superposés* s'explique : par le *rapprochement tendanciel de leur rapport* avec celui d'une *consonance positive* avec laquelle ces deux sons ont *tendance à s'identifier;* d'où *résolution.*

Si l'on superpose les *deux fonctions harmoniques* en prenant par exemple *si*♭ = 7e harmonique, rapport 1,75 et *la*♯+ note sensible pythagoricienne = 1,802, on obtient le quotient 1,02972, rapport-intervalle qui, divisé par le comma tempéré = 1,014545, est contenu *exactement* 4 *fois dans le ton tempéré*. Ce phénomène, produit par les *deux tendances résolutives contraires*, qualifie l'*enharmonie musicale*, antithèse de la *synonymie*. L'enharmonie égale exactement *un quart de ton;* son rapport est $\sqrt[24]{2}$ et se divise en *deux influences commatiques distinctes;* d'où le *comma tempéré* qui est exactement *un huitième de ton;* son rapport est $\sqrt[48]{2}$, par conséquent sous-multiple de l'octave et de tous les intervalles.

La *loi de résonance* ([1]) nous enseigne qu'il y a dans la nature *deux espèces de sons :* les *sons doux*, calmes, ondoyants, produits par les flûtes, les *tuyaux à bouche*, gambes, bourdons, etc. Ces sons manifestent particulièrement les *cinq premiers harmoniques pairs :* 2 (ut_2) 4 (ut_3) 6 (sol_3) 8 (ut_4) 10 (mi_4) et plus faiblement : 12 (sol_4) et 14 (*si*♭$_4$). C'est l'essence de l'*harmonie consonante*. La deuxième espèce : les *sons éclatants*, vifs, perçants, produits par les cordes de piano, les cloches, les tuyaux et les instruments *à pavillon*. Ces sons manifestent particulièrement les *cinq premiers harmoniques impairs :* 1 (ut_1) 3 (sol_2) 5 (mi_3) 7 (*si*♭$_3$) 9 ($ré_4$) et plus faiblement 11 (*sol*♭$_4$) et 13 (sol♯$_4$+). C'est l'essence *des harmonies résolutives et altératives*.

Descartes fut l'un des précurseurs de ce développement musical (voir *Tract. de homine*, § 36). Leibnitz, dans sa *Lettre à Goldbuch* (1712), fait prévoir l'extension des harmonies musicales : « Si nous étions doués *d'une sensibilité plus délicate*, nous pourrions aller jusqu'au nombre 7; et je crois qu'on y arrivera en effet. Les Grecs ne repoussaient pas complètement le nombre 7. Mais on n'ira sans doute pas plus loin que les nombres premiers 11 et 13 ». Cornu et Mercadier démontrèrent *expérimentalement* ces faits avec le concours d'artistes éminents (*Comptes rendus*, t. 68, 1869, p. 424).

En résumé, la gamme musicale moderne procède de *deux ordres de sons*, les *sons neutres* ou *tempérés* et les *sons résolutifs* ou *commatiques*. On a : 1° *douze degrés chromatiques neutres*, égaux dans le rapport $\sqrt[12]{2}$. Tous les *traits*, successions rapides de notes diatoniques ou chromatiques, les accords consonants et dissonants, toute transformation *synonyme* ou *accidentelle*, procèdent de ces sons neutres; 2° les *sons résolutifs* ou *commatiques* qui

([1]) Voir *Comptes rendus*, 1912, 1913, 1915 et suivants.

provienment : de la *transformation harmonique* des sons neutres *en fonction de note sensible*, ou *en fonction de 7ᵉ harmonique*. Les accords fondamentaux de *neuvième majeure et mineure de dominante*, leurs *sous-dérivés* et leurs *renversements* constituent l'*harmonie résolutive*, celle qui n'exige pas de *préparation* comme il est de règle pour l'harmonie dissonante. Les *altérations harmoniques* qui peuvent affecter *une ou plusieurs notes d'un accord quelconque* deviennent des *altérations résolutives* et *s'élèvent* ou *s'abaissent* de *un comma*.

Il s'ensuit qu'il y a lieu de mieux préciser la théorie musicale : 1° en considérant *comme première espèce normale* le *ton tempéré* ou *neutre* qui a *huit commas;* et les *demi-tons diatonique ou chromatique tempérés* ou *neutres* qui ont chacun *quatre commas;* 2° lorsque par suite d'*altération* un intervalle quelconque s'*accroît* ou *diminue* d'un comma, ajouter au qualificatif de cet intervalle celui de *résolutif*, sauf pour le *ton* qui n'a pas de qualificatif spécial et qui, s'accroissant d'un comma, devient *maxime* et en diminuant d'un comma devient *minime*. Les termes de *majeur* et de *mineur* ne lui sont pas applicables, parce qu'ils ont en musique la signification de *mode*. La *résolution d'un intervalle* a lieu naturellement dans le *sens musical tendanciel* de l'intervalle. L'*enharmonie* égale *deux commas* ou *un quart de ton;* le comma *un huitième de ton*. Tous ces intervalles sont en fonction du ton et de l'octave.

C'est la dernière étape de la *gamme gréco-latine*, devenue *gamme chromacommatique moderne*.

BOTANIQUE. — *Action du climat marin sur la floraison de l'*Asphodelus luteus. Note (¹) de M. LUCIEN DANIEL, présentée par M. Gaston Bonnier.

Parmi les plantes que je cultive au bord de la mer (²) suivant la méthode employée par M. Gaston Bonnier pour l'étude des plantes alpines, une des plus curieuses est l'*Asphodelus luteus*. Cette jolie Liliacée se distingue des autres espèces du genre par des particularités curieuses. Les fleurs, éphémères diurnes, apparaissent successivement sur l'axe principal à l'aisselle d'une bractée; elles sont portées par un axe secondaire très court et naissent isolément et successivement pendant un temps plus ou moins long; il y en a généralement deux au même moment sur l'axe secondaire, ce qui les a

(¹) Séance du 16 septembre 1918.

(²) LUCIEN DANIEL, *Cultures expérimentales au bord de la mer* (*Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 483).

fait considérer comme géminées, bien qu'elles soient d'âge différent. Les pièces du périanthe sont au nombre de 6; il y a 6 étamines déjetées ascendantes dont 3 petites et 3 grandes; le style est unique. Les pédicelles et diverses parties de la fleur sont le siège de mouvements spontanés qu'on a considérés comme exclusivement provoqués par des facteurs internes. Il était intéressant d'étudier les changements que pouvaient amener chez cette espèce les différences des climats de Rennes et d'Erquy, par rapport à la floraison en général et aux mouvements des pièces florales en particulier.

A Rennes, l'inflorescence est massive, en forme de cône surbaissé comme celle de la Scille du Pérou; elle prend directement naissance au sommet de la tige et est portée par un pédoncule très court de 1^{cm} de longueur à peine. La floraison a débuté, en 1918, le 19 avril, par un temps de neige, et s'est terminée le 6 juin; elle a duré 48 jours et a présenté son maximum du 20e au 26e jour; chaque tige a fourni un total de 300 fleurs en moyenne; le nombre des fleurs épanouies a varié de 2 à 60 par tige et par jour. De nombreux fruits se sont formés, les conditions climatologiques étant très favorables. Tant que l'inflorescence est conique, la floraison est centripète; au fur et à mesure qu'elle s'allonge et devient cylindrique, la floraison devient plutôt centrifuge et irrégulière, et il se forme alors des sortes de couronnes assez rapprochées dont le nombre varie de 4 à 6.

L'ouverture de la première fleur a lieu sensiblement à la même heure si le milieu extérieur ne subit pas de grandes variations, mais elle avance ou retarde dans le cas contraire. Cette ouverture a lieu vers 10^h; les autres fleurs s'ouvrent ensuite et la floraison s'achève dans l'après-midi, au bout de 5 à 6 heures en moyenne. Chaque fleur s'épanouit en un temps très variable; tantôt en une minute à peine, tantôt en plus d'une heure, suivant la turgescence propre des organes floraux et le milieu extérieur.

La manière dont s'ouvrent les fleurs est très curieuse. Les pièces du périanthe sont reliées entre elles par une matière gluante qui disparaît peu à peu sous l'action du soleil ou celle de la pluie suivant les cas; ces pièces sont pressées par les étamines longues et par le pistil qui, en s'allongeant, se courbent et relèvent leur extrémité vers la face supérieure de la fleur. Sous la pression des anthères et du stigmate, le sommet du périanthe s'ouvre en forme de grelot; puis la partie courbe des filets et du style, en s'appuyant sur le sépale inférieur, le fait se détacher brusquement comme s'il était mu par un ressort. Plus tard, les étamines sortent en prenant la position déjetée ascendante, pendant que les autres pièces du périanthe se détachent isolément ou presque simultanément sous la pression des petites étamines et par le jeu des facteurs internes qui les actionnent. Ce premier mode d'ouverture est accompagné, parfois précédé ou suivi, par un autre qui se produit quand les filets des étamines et le style s'insinuent entre les pièces du périanthe qui se séparent en deux groupes, l'un de 2, l'autre de 4 pièces. L'ouverture et la détente des diverses pièces sont plus ou moins

rapides suivant l'état particulier de chaque fleur et les conditions extérieures. La fleur se gélifie après s'être fermée entre 21^h et 22^h, en milieu normal, et un peu plus tôt par les périodes de pluie.

A Erquy, l'*Asphodelus luteus* s'est comporté d'une façon assez différente. L'inflorescence, grêle au début et de forme presque cylindrique, est portée par un long pédoncule atteignant de 16^{cm} à 22^{cm}. Chez les tiges peu éclairées, des ramifications ont apparu à la base de l'inflorescence ainsi devenue rameuse. La floraison a débuté le 2 juillet, avec plus de deux mois de retard par rapport à Rennes; elle a fini le 12 septembre [1] et a duré 72 jours. Centripète au début, elle est devenue centrifuge et irrégulière plus tard, en donnant des couronnes peu nombreuses et assez espacées. Il y a eu un fort maximum de fleurs du 14e au 24e jour; d'autres maxima de plus faible amplitude ont suivi à des époques variables; la moyenne totale des fleurs fournies par chaque tige a été de 170 environ; suivant les jours, une même tige portait une à sept fleurs épanouies. Le moment de l'ouverture de la première fleur s'est montré plus fixe qu'à Rennes, mais très différent; dans les conditions normales, cette fleur s'est ouverte entre 15^h et 15^h30^m. La durée des floraisons journalières a été de 4 heures en moyenne; la fermeture et la gélification des fleurs ont eu lieu entre 23^h et 24^h. La fructification a été très réduite. Les deux modes d'épanouissement observés à Rennes existent à Erquy, mais il s'en est produit d'autres assez singuliers. Quelquefois la fleur ne s'ouvre pas d'abord par le sommet, les pièces du périanthe restant soudées par leur extrémité; sépales et pétales se courbent en fuseau, laissant entre eux des interstices par où s'échappent le style et les étamines. Finalement les six pièces du périanthe se détachent brusquement ou progressivement et la fleur s'épanouit complètement. Par les pluies, le périanthe peut se courber en forme de bateau ou de vrille, ce qui produit naturellement des retards et des irrégularités dans l'épanouissement.

En résumé, il existe entre la floraison de l'*Asphodelus luteus* à Rennes et à Erquy des différences très tranchées portant sur son époque, sa durée et sa nature, sur les procédés et les mouvements d'épanouissement des fleurs, sur le moment de la fermeture et de la gélification de celles-ci et sur la reproduction de la plante. A Rennes, la reproduction par graines prédomine sur la multiplication végétative quand c'est le contraire à Erquy. Enfin, si les mouvements spontanés des pièces florales dépendent des facteurs internes, ils n'en sont pas moins nettement influencés par le milieu extérieur et d'une façon différente à l'intérieur des terres et au bord de la mer.

---

(1) En 1917, la floraison a fini le 18 août, ce qui montre bien l'influence de la météorologie, si variable suivant les années, sur la floraison de l'*Asphodelus luteus*.

PARASITOLOGIE. — *Anophèles et anciens foyers paludiques dans les Alpes.* Note [1] de MM. L. **Léger** et G. **Mouriquand**, présentée par M. Laveran.

Nos recherches sur la répartition des Anophèles dans les Alpes françaises nous permettent d'apporter aujourd'hui des données sur leur distribution en altitude, ainsi que diverses observations sur les rares foyers paludiques aujourd'hui éteints de cette région montagneuse.

Dans les Alpes, la plus haute altitude à laquelle nous avons jusqu'ici rencontré des Anophèles est de 1650^m au Villar-d'Arène, route du col du Lautaret (Hautes-Alpes). Il s'agit d'un petit gîte à flanc de vallée (ruisseau) d'intérêt purement zoologique, et renfermant avec des *Culex* des *Anopheles bifurcatus* à l'état de grosses larves voisines de la nymphose à la date du 19 août 1917 (la température de l'eau, presque stagnante, atteignait 20°). Plus haut, vers 2000^m, nous avons exploré plusieurs stations en apparence favorables par leur température et leur végétation aquatique, mais elles se sont toujours montrées indemnes d'Anophèles, bien qu'elles renferment parfois des Culex. Tels sont le Lautaret, 2000^m (Culex); le lac du Pontet, 2000^m; l'étang du col du Vars, 2100^m, etc.

Par contre, à partir de 1650^m, les gîtes anophéliques deviennent de plus en plus fréquents à mesure qu'on redescend; et l'on commence à trouver l'*A. maculipennis* à 1500^m. Ainsi à Monestier-les-Bains, 1500^m (Hautes-Alpes) existe un petit gîte de fond de vallée avec *A. bifurcatus* et *A. maculipennis*. Ces deux espèces se rencontrent en grand nombre à Jausiers, 1237^m (Basses-Alpes), et au Luitel, 1235^m (Isère).

Au-dessous de 1200^m c'est presque toujours l'*A. maculipennis* qui domine en été, tandis que les explorations de fin de printemps ne décèlent que des *A. bifurcatus*. A Briançon (1200^m), le professeur Blanchard avait déjà signalé en été l'*A. maculipennis*. A Prémol, près Grenoble (1100^m), on trouve en abondance les deux espèces au mois d'août. A Modane (1074^m) il y a quelques gîtes à *A. maculipennis*. A Saint-Étienne-de-Tinée, 1100^m (Alpes-Maritimes), dans des eaux relativement froides (14°), nous n'avons trouvé que du *bifurcatus*.

---

[1] Séance du 9 septembre 1918.

A partir de 1000^{m} les stations deviennent plus étendues et *l'A. maculipennis* y domine le plus souvent, du moins en été. Tels sont les gîtes de fond de vallée de la haute Durance, Roche de Rache, Saint-Crépin, Montdauphin, les Crottes près Embrun et les gîtes de plateau de Beaumont 900^{m}, Laffrey 900^{m}, du Vercors 1000^{m}.

Au-dessous de 900^{m} la répartition des Anophèles en montagne n'offre pas de particularités spéciales et se confond avec celle des pays de plaine; mais il devient intéressant de rechercher jusqu'à quelle altitude les zones à gîtes anophéliques ont pu engendrer jadis des foyers paludiques. A l'époque actuelle ces foyers sont éteints, mais les recherches bibliographiques et les enquêtes locales que nous avons faites à ce sujet nous apprennent que, il y a à peine un siècle, le paludisme sévissait de façon intense dans les zones à gîtes de fond de vallée de l'Isère (Moirans, Grenoble, Goncelin, Saint-Pierre-d'Albigny), de la Bourbre à Bourgoin, de la Bièvre (les Avenières); tous ces anciens foyers sont de basse altitude (200^{m} à 400^{m}). A Saint-Pierre-d'Allevard (la Maladiére 500^{m}), pays autrefois très marécageux, aujourd'hui drainé, existait également un ancien foyer paludique. Au plateau des terres froides (500^{m}), région d'étangs riche en Anophèles, la « fièvre tremblante » (type tierce) sévissait encore il y a une cinquantaine d'années.

Le plus haut foyer de paludisme que nos recherches nous ont fait connaître est à une altitude de 720^{m} (plaine du Bourg-d'Oisans, Isère); les Anophèles (*bifurcatus* et *maculipennis*) y persistent dans de nombreux gîtes dispersés, mais les « fièvres intermittentes » ont disparu depuis 1850, sans doute grâce au drainage qui a amené une réduction considérable de la densité anophèlique et aussi aux soins médicaux et à une meilleure hygiène de la population.

D'autres grandes zones anophéliques d'altitude plus élevée, par exemple celle du plateau de la Mure (900^{m}) et du Vercors (1000^{m}), n'ont jamais donné lieu, du moins à notre connaissance, à des manifestations paludiques, sans doute à cause des conditions climatériques, ainsi que l'a déjà fait remarquer judicieusement le professeur Laveran.

En résumé on voit que, dans les Alpes, l'Anophèle est assez répandu et peut se rencontrer jusqu'à des altitudes de 1600^{m} à 1700^{m}; mais les manifestations de paludisme, qui paraissent toujours y avoir été rares et localisées, ont actuellement disparu. Elles ne semblent pas s'être produites au-dessus d'une altitude de 700^{m} à 800^{m}; encore faut-il des conditions

spéciales de température comme celle réalisée dans la plaine du Bourg-d'Oisans, profondément encaissée et subissant des températures élevées dans la saison d'été.

La montagne et surtout la montagne méridionale constitue donc en été, tant par sa sécurité au point de vue prophylactique que par l'action bienfaisante de l'altitude sur l'hématopoïèse en général et l'anémie palustre en particulier, un excellent séjour de convalescence pour les paludéens. Des observations récentes portant sur un grand nombre de ceux-ci (hôpital de Briançon), justifient pleinement ces conclusions en montrant l'action éminemment favorable de ce climat d'altitude non seulement sur l'anémie palustre, mais également sur le nombre et la fréquence des accès.

MÉDECINE. — La saignée lymphatique *comme moyen de désinfection des plaies de guerre*. Note de M. **Jean Bouchon**, présentée par M. Yves Delage.

Par le fixo-décapage, j'ai pu réaliser d'une façon pratique, en chirurgie d'armée, la *saignée lymphatique* préconisée dans une Note récente par M. le professeur Yves Delage comme moyen de désinfection.

Depuis le début de la guerre, sur des milliers de blessés, j'ai provoqué la *saignée sélective* pour lutter contre l'intoxication chez les grands schockés et chez les grands blessés, et pour lutter contre l'infection locale de toutes les blessures de guerre infectées.

Si, dans le cancer, il n'y a pas d'émonctoires, dans les traumatismes, au contraire, il y a un émonctoire, c'est l'endoplaie où débouchent, sectionnés par le traumatisme, les lymphatiques tronculaires ou les lymphatiques réticulaires.

L'endoplaie est un véritable émonctoire où se trouvent des lymphostomies traumatiques plus ou moins abondantes, mais toujours en nombre proportionnel au volume de l'endoplaie des blessures de guerre : endoplaies que j'ai appelées *ovoïdes d'attrition* à cause de leur forme et de l'aspect des tissus constituants.

Sur la périplaie, il est facile de faire des incisions nombreuses des téguments jusqu'à l'aponévrose. Ces incisions de 3^{cm} à 4^{cm} seront longitudinales et circulaires, et nombreuses. On choisira de préférence les régions péri-

veineuses (saphènes internes et externes), en évitant de sectionner les veines. Le bistouri ouvrira ainsi par section les lymphatiques réticulaires et tronculaires de la périplaie. On réalise ainsi ce que j'ai appelé des *lymphostomies chirurgicales*.

Grâce aux lymphostomies chirurgicales de la périplaie, et grâce aux lymphostomies traumatiques de l'endoplaie, ou de l'ovoïde d'attrition, je provoque, en versant sur ces *bouches lymphatiques* les sclérolyseurs, c'est-à-dire des solutions sursaturées d'alcalins, je provoque une hyperlymphorréogénèse qui inonde le lit du blessé.

Tous les traumatismes, et certaines substances antiseptiques acides, versées sur les plaies, provoquent l'obturation terminale des lymphatiques tronculaires ou réticulaires, ouverts par le traumatisme. Un caillot oblitérant ferme la lumière de ces lymphatiques, ce qui empêche la lymphe de couler dans l'ovoïde d'attrition. En outre, le traumatisme et l'infection naissante par vaso-constriction réflexe diminuent le volume des capillaires du sang, et le sérum du sang transsude mal dans l'ovoïde d'attrition.

Par la technique du fixo-décapage, nous apprenons à verser sur ces lymphostomies de la périplaie et de l'endoplaie des solutions sursaturées d'alcalins ou d'alcalino-terreux, qui dissolvent les caillots oblitérants et empêchent la formation consécutive de nouveaux caillots. D'autre part, ces sclérolyseurs, par leur sursaturation saline, provoquent une exosmose, un véritable courant osmotique de la lymphe, qui vient se déverser en abondance dans l'ovoïde d'attrition et de là dans le pansement absorbant. Le sens du courant lymphatique, au lieu d'être centripète, est centrifuge; il est renversé; et les produits toxiques de l'ovoïde d'attrition seront déversés au dehors et n'iront pas se déverser dans le système lymphatique terminal, et de là dans le sang.

De plus, les solutions salines sursaturées, ou la salaison des plaies, provoquent une vaso-dilatation des capillaires sanguins et favorisent leur néoformation; les tissus traumatisés se congestionnent. Ainsi, on comprend l'abondance de l'exosmose dialytique qui déverse dans l'ovoïde d'attrition, c'est-à-dire à l'extérieur, une grande quantité de liquide, de sérum du sang, qui lave les ovoïdes d'attrition et les débarrasse des toxalbumines.

Nous avons appelé *hyperlymphorréogénèse* cette excrétion intensive de la lymphe des vaisseaux blancs et du sérum des vaisseaux rouges, dans tous les ovoïdes d'attrition.

L'hyperlymphorréogénèse provoquée se traduit localement par :

1° Un aspect *juteux* de l'endoplaie recouverte par une excrétion visqueuse, gluante;

2° Une congestion intense des tissus qui entourent l'ovoïde d'attrition;

3° Un œdème du tissu conjonctif; on voit à la loupe sourdre des gouttelettes d'un liquide opalescent;

4° Un œdème de la périplaie. Sur ces régions œdémateuses, on fait des lymphostomies chirurgicales. On croirait couper la pulpe d'une orange, tant le tissu cellulaire est gorgé de lymphatiques distendus.

L'hyperlymphorréogénèse se traduit cliniquement par :

1° Une élévation de la température, qui ne trouble ni la faim, ni l'état général; le pouls reste normal;

2° Une soif intense et un besoin de boissons alcalines;

3° Une polyurie très abondante;

4° La disparition progressive des symptômes de l'infection et de l'intoxication, si le traitement a dû être fait tardivement.

Par la *saignée sélective* j'ai pu diminuer de moitié la mortalité chez les grands blessés et chez les schockés.

L'interprétation scientifique a été trouvée et exposée dans une Note récente par M. le professeur Yves Delage.

Les endoplaies, ou ovoïdes d'attrition, sont extra-vasculaires; nulle part le sang n'aborde directement les éléments anatomiques, traumatisés ou semi-traumatisés, les éléments contus, soit pour les débarrasser de leurs déchets, soit pour nourrir les éléments viables.

Pour accomplir cette fonction, les capillaires laissent exsuder un liquide privé de globules, c'est-à-dire le plasma sanguin.

Chez les grands infectés et chez les grands schockés, les toxines résorbées sont déversées dans les réseaux d'origine des lymphatiques et n'arrivent au sang que *de façon médiate*.

Par la technique du fixo-décapage, on provoque :

1° La vaso-dilatation des capillaires, ce qui augmente l'exsudation dans l'endoplaie du plasma sanguin;

2° Le renversement du sens du courant lymphatique, ce qui réalise l'élimination au dehors, dans le pansement de l'ovoïde d'attrition, des toxines.

A la suite de cette Note, M. **Delage** présente en son nom personnel les observations suivantes :

Le très intéressant procédé de M. le Dr Bouchon s'applique aux plaies traumatiques et s'appliquerait sans doute non moins bien aux brûlures profondes et localisées; mais peut-être serait-il aussi possible d'en tirer parti dans les cas d'intoxication cancéreuse, spécialement visés dans ma Note du 3 juin 1918. Au lieu de la saignée lymphatique opérée au moyen d'une canule insérée dans un gros tronc, laquelle présente des difficultés opératoires, on pourrait peut-être, suivant le procédé de M. Bouchon, faire de longues scarifications intéressant toute l'épaisseur de la peau et les lymphatiques sous-jacents dans les régions où ces vaisseaux sont gros et nombreux et en évitant autant que possible les sections veineuses; on entretiendrait ensuite la saignée lymphatique par le moyen des solutions salines sursaturées qui ont si bien réussi entre les mains de l'auteur de cette Note en empêchant la formation des bouchons fibrineux obturateurs.

C'est un procédé que je signale à l'attention des médecins et chirurgiens qui auraient obtenu la fonte de nodosités cancéreuses par les rayons X ou le radium et qui auraient à lutter contre les accidents d'intoxication résultant de la résorption des produits pathologiques.

La séance est levée à 16 heures.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances d'août 1918.

Sur un régulateur de Léon Foucault parfaitement isochrone et de construction simple et sur une tentative de rendre cet appareil indépendant de l'influence de la température, par J.-H. Wilterdink (*Annalen van de sterrewacht te Leiden*, deel XI, eerste stuk). Haarlen, Enschedé en zonen, 1918; 1 fasc. 29^{cm}.

Service du Nivellement général de la France. *Nivellement des vallées des Alpes et relevé des profils en long des cours d'eau.* Notice rédigée par Ch. Lallemand et E. Prévot sur les travaux exécutés en 1917 pour le compte du Ministère de l'Agriculture. Extrait du Tome VIII des « Comptes rendus des études et travaux du Service des grandes forces hydrauliques de la région du sud-est, publiés par le Ministère de l'Agriculture ». Paris, 1918; 1 fasc. 25^{cm}.

Rapport sur les concours de réglage de chronomètres de l'année 1917, présenté à la classe d'industrie et de commerce de la Société des arts de Genève, le 20 février 1918, par Raoul Gautier. Genève, 1918; 1 fasc. 23^{cm}.

Album iconographique des avatars de Clémence Isaure, par Desazars de Montgailhard. Appendice à joindre aux *Mémoires de l'Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres de Toulouse*, 11e série, t. III, p. 203 et suiv., année 1915. Toulouse, s. d.; 1 fasc. 25^{cm}.

Mémoires de l'Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres de Toulouse, 11e série, t. V. Toulouse, Douladoure, 1917; 1 vol. 25^{cm}.

Recherches astronomiques de l'Observatoire d'Utrecht, VII. Utrecht, Van Boekhoven, 1917; 1 fasc. $29^{cm},5$.

Det kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Mathematisk-fysiske Meddelelser. I, 4 : *Sur la multiplication de séries absolument convergentes par des séries sommables par la méthode de Cesàro*, par A.-F. Andersen; — I, 6 : *Recherches sur les polynomes d'Hermite*, par Niels Nielsen; — Biologiske Meddelelser. I, 3 : *Recherches statistiques sur les formations végétales*, par C. Raunkiaer. Kobenhavn, Bianco Lunos, 1918; 3 fasc. 24^{cm}.

Du rôle comparé des diverses nationalités dans les progrès de la sismologie

moderne, par MONTESSUS DE BALLORE. Modena, Societa tipografica modense, 1916; 1 fasc. 24^{cm},5.

I. *La sismologia de los autores clásicos griegos y romanos;* II. *Observaciones de* 1914 *y* 1915, por FERNANDO DE MONTESSUS DE BALLORE. Extracto de los *Anales de la Universidad de Santiago de Chile*. Santiago, Sociedad Barcelona, 1918; 1 fasc. 26^{cm}.

(*A suivre.*)

ERRATA.

(Séance du 19 août 1918.)

Note de M. *R. de Montessus de Ballore*, Sur les courbes algébriques planes ayant des points multiples communs :

Page 293, ligne 2, *au lieu de* admet seulement le facteur, *lire* admet le facteur.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 SEPTEMBRE 1918.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation différentielle ordinaire liée à certains systèmes d'équations linéaires et homogènes aux dérivées partielles.* Note [1] de M. **Paul Appell.**

La théorie que nous allons exposer est générale : elle s'applique à tout système d'équations linéaires et homogènes aux dérivées partielles, dont l'intégrale générale contient linéairement les constantes arbitraires en nombre déterminé. Je me borne, pour plus de clarté, à des systèmes que j'ai déjà étudiés antérieurement.

I. Soient d'abord, comme dans ma dernière Note [2],

$$(1)\qquad \begin{cases} r = a_1 s + a_2 p + a_3 q + a_4 z, \\ t = b_1 s + b_2 p + b_3 q + b_4 z \end{cases}$$

deux équations différentielles simultanées, linéaires et homogènes, dans lesquelles p, q, r, s, t désignent les dérivées partielles premières et secondes de z par rapport aux deux variables indépendantes x et y; les coefficients a_i et b_i sont des fonctions de x et y telles que l'on ne puisse pas, par des différentiations et des éliminations, déduire des équations (1) une relation entre s, p, q et z. Dans ces conditions, comme je l'ai montré autrefois, l'intégrale générale du système (1) contient linéairement quatre constantes

---

(1) Séance du 23 septembre 1918.

(2) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 408.

C_1, C_2, C_3, C_4 : elle est de la forme

$$(2) \qquad z = C_1 f_1(x, y) + C_2 f_2(x, y) + C_3 f_3(x, y) + C_4 f_4(x, y).$$

Supposons maintenant que, dans cette intégrale générale, on remplace x et y par des fonctions d'un paramètre auxiliaire u,

$$(3) \qquad x = \varphi(u), \qquad y = \psi(u).$$

Alors z devient une fonction de u qui vérifie, *en général*, une équation différentielle ordinaire, linéaire et homogène, du quatrième ordre. C'est ce qui arrive notamment quand, l'une des variables x ou y étant regardée comme constante, z n'est plus fonction que de l'autre.

Mais, pour certaines déterminations spéciales des fonctions φ et ψ, la fonction z de u vérifie une équation différentielle linéaire et homogène d'ordre *moindre* que 4. J'ai montré, par exemple, à propos d'une question de mécanique céleste, que la fonction hypergéométrique

$$z = F_4(\alpha, \beta, \gamma, \gamma', x, y),$$

dans laquelle x et y sont des fonctions d'un paramètre qui vérifient la relation

$$\sqrt{x} + \sqrt{y} = 1,$$

satisfait à une équation linéaire et homogène du troisième ordre [1].

En écartant le cas facile où l'une des variables x ou y est supposée constante, on peut toujours éliminer u entre les deux relations (3) et prendre

$$(4) \qquad y = f(x).$$

Alors z devient une fonction de x seul; nous désignerons par z', z'', z''', ... les dérivées de z par rapport à x, et par y', y'', y''', ... celles de y. On aura immédiatement

$$z' = p + qy',$$
$$z'' = r + 2sy' + ty'^2 + qy'',$$

ou, en remplaçant r et t par leurs expressions (1),

$$z'' = \alpha_1 s + \alpha_2 p + \alpha_3 q + \alpha_4 z,$$

---

[1] *Sur une formule de Tisserand et sur les séries hypergéométriques de deux variables* (*J. de Math. pures et appliquées*, 3e série, t. 10, 1884, p. 407).

les coefficients α_i étant fonctions de x, y, y' et y''. En dérivant de nouveau, déduisant $\frac{\partial s}{\partial x}$ et $\frac{\partial s}{\partial y}$ des équations (1) et recommençant les mêmes opérations deux fois de suite, on a de même

$$z''' = \beta_1 s + \beta_2 p + \beta_3 q + \beta_4 z,$$
$$z^{\text{IV}} = \gamma_1 s + \gamma_2 p + \gamma_3 q + \gamma_4 z,$$

où les β_i contiennent x, y, y', y'', y''' et les γ_i les mêmes quantités avec y^{IV}. On obtient alors, par l'élimination de s, p, q, l'équation

$$(5)\qquad \begin{vmatrix} -z'_x & 0 & 1 & y' \\ \alpha_4 z - z'' & \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_4 z - z''' & \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_4 z - z^{\text{IV}} & \gamma_1 & \gamma_1 & \gamma_3 \end{vmatrix} = 0,$$

linéaire et homogène en z du quatrième ordre.

C'est là le cas général; mais supposons maintenant que le déterminant

$$(6)\qquad \Delta = \begin{vmatrix} 0 & 1 & y' \\ \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \end{vmatrix}$$

soit *nul;* alors z vérifie une équation linéaire et homogène du *troisième ordre* en plus.

La condition

$$(7)\qquad \Delta = 0$$

forme une équation différentielle du troisième ordre définissant y en fonction de x, et donnant ainsi la détermination la plus générale de y pour laquelle z vérifie une équation linéaire d'ordre moindre que le quatrième; c'est cette équation différentielle (7) qui est liée d'une façon invariante au système (1). Elle reste la même quand on remplace le système (1) par un autre obtenu en faisant le changement de fonction $z = \lambda Z$, λ étant une fonction quelconque de x et de y.

Si l'on peut intégrer le système (1) sous la forme (2), l'intégrale générale de l'équation (7) s'obtient en établissant une relation linéaire et homogène entre f_1, f_2, f_3, f_4; elle est donc

$$(8)\qquad k_1 f_1(x, y) + k_2 f_2(x, y) + k_3 f_3(x, y) + k_4 f_4(x, y) = 0.$$

équation qui définit y en fonction de x et de trois constantes arbitraires qui sont les rapports de trois des constantes k_i à la quatrième.

Inversement, si l'on connaît l'intégrale générale de l'équation (7), on en déduit l'intégrale générale du système (1) par l'intégration d'une différentielle totale à deux variables. L'intégrale générale de (7) pourra en effet s'écrire sous la forme

$$k_1 g_1(x, y) + k_2 g_2(x, y) + k_3 g_3(x, y) + k_4 g_4(x, y) = 0,$$

où les g_i sont proportionnels aux f_i

$$\frac{f_1}{g_1} = \frac{f_2}{g_2} = \frac{f_3}{g_3} = \frac{f_4}{g_4} = \lambda,$$

λ désignant une fonction inconnue de x et de y. Les g_i étant connus par hypothèse, on peut former un système analogue à (1) définissant une certaine fonction Z de x et y et admettant les intégrales fondamentales g_1, g_2, g_3, g_4. La substitution

$$z = \lambda Z$$

transforme ce système dans le système (1) et l'identification détermine $\frac{1}{\lambda}\frac{\partial\lambda}{\partial x}$ et $\frac{1}{\lambda}\frac{\partial\lambda}{\partial y}$.

Cette théorie s'applique, en particulier, aux équations des fonctions hypergéométriques F_2, F_3 et F_4. Les calculs sont trop longs pour être exposés ici.

II. Des considérations analogues s'étendent aux systèmes de trois équations simultanées du type de celles que vérifie la fonction hypergéométrique F_1. L'équation analogue à (7) est alors du deuxième ordre en y.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'hétérogénéité de l'acier.* Note (1) de MM. H. Le Chatelier et B. Bogitch.

L'attaque par des réactifs chimiques appropriés d'un acier marchand, préalablement poli, dessine sur la surface des plages diversement colorées et inégalement creusées qui accusent une hétérogénéité profonde du métal.

(1) Séance du 23 septembre 1918.

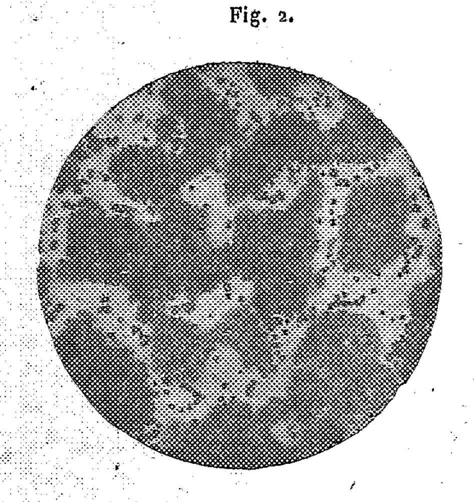
L'acide sulfurique étendu trace des sillons orientés suivant le sens des déformations produites par le laminage; la teinture d'iode, après quelques secondes d'attaque, accuse les régions du métal où se sont accumulées les impuretés, tout particulièrement la zone de ségrégation. Enfin la solution cuprique de M. Stead dessine des figures de corrosion plus nettes encore que celles des réactifs précédents.

L'ensemble de ces procédés d'examen, dont les résultats sont visibles à l'œil nu, porte le nom de *macrographie*, par opposition à la *micrographie*

Fig. 1.

Fer électrolytique
fondu seul dans l'atmosphère d'hydrogène.
Gr. 32.

Fig. 2.



Fer électrolytique seul oxydé par les fumées
pendant la fusion.
Gr. 32.

qui révèle une hétérogénéité microscopique d'une nature toute différente.

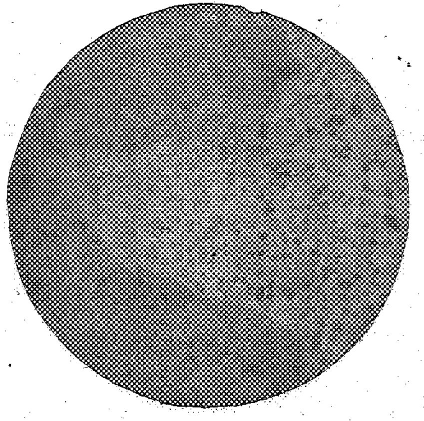
L'hétérogénéité microscopique, découverte par Sorby et complètement étudiée par Osmond, est entièrement due à l'inégale répartition du carbone. Les cellules sont en général de l'ordre de grandeur du centième de millimètre. La structure résultant de leur juxtaposition est extrêmement fugitive; elle se modifie à chaque chauffage et disparaît entièrement par la trempe.

L'hétérogénéité macrographique résulte de la juxtaposition de plages 100 fois plus larges en moyenne. La structure en est indélébile. Dans un même échantillon elle est invariable, quels que soient les traitements

thermiques subis par le métal. L'origine de cette hétérogénéité n'est pas connue d'une façon certaine; on l'attribue en bloc aux impuretés de l'acier.

Il n'y a aucune corrélation entre ces deux structures. On peut comparer un bloc d'acier à une feuille de papier sur laquelle on aurait superposé deux impressions indépendantes, l'une en gros caractères avec une encre indélébile, au noir de fumée, et l'autre en petits caractères, orientée dans

Fig. 3.



Fer électrolytique fondu dans l'hydrogène en présence de phosphate de fer.
Ph = 0,136 pour 100. — Gr. 32.

Fig. 4.

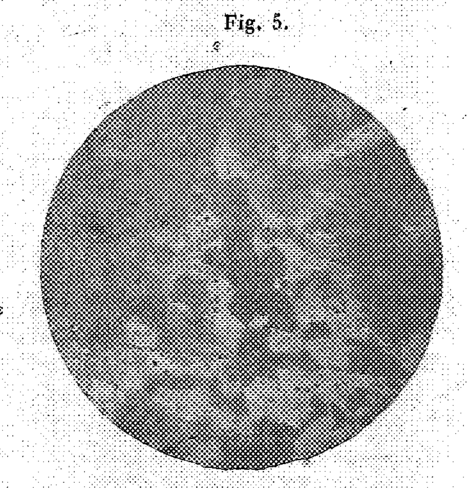
Fer électrolytique fondu en présence de phosphate de fer, oxydé par les fumées.
Ph = 0,168 pour 100. — Gr. 32.

un sens quelconque, avec une encre aux couleurs d'aniline, facile à détruire et permettant des modifications successives de cette impression.

Depuis longtemps, la pratique des ateliers a montré l'importance très grande de la macrographie. La qualité des aciers est en relation directe avec l'importance de l'hétérogénéité accusée par ces méthodes d'examen. Il est assez surprenant de voir qu'on ne se soit pas préoccupé davantage jusqu'ici de rechercher quel était l'élément chimique dont l'inégale répartition était ainsi décelée. M. Stead a indiqué que la structure mise en évidence par son réactif se rattachait à la présence du phosphore, mais sans en donner de preuves bien décisives. L'un de nous, en collaboration avec M. Dupuy, a montré au contraire que les aciers les plus complètement exempts de phosphore présentaient la même structure.

Par nos recherches actuelles, nous pensons être arrivés à démontrer définitivement que l'hétérogénéité macrographique des aciers est due à l'oxygène resté en solution solide dans le métal. Sans entrer dans le détail des expériences assez détournées qui nous ont conduits à cette conclusion, nous citerons seulement les faits les plus probants. Toutes nos expériences

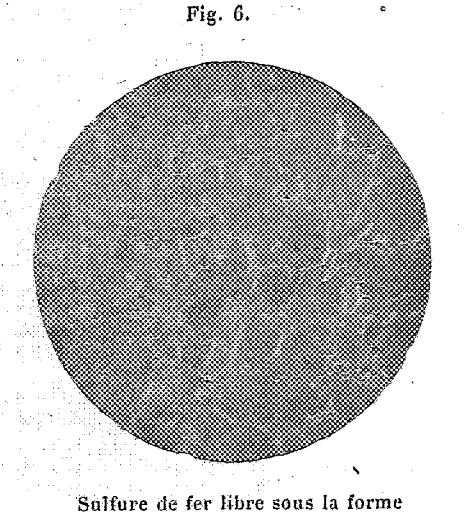
Fig. 5.



Scorie au milieu.

Fer électrolytique fondu en présence de l'oxyde de fer.
Gr. 32.

Fig. 6.



Sulfure de fer libre sous la forme du filament noir.

Fer électrolytique additionné de sulfure de fer, oxydé pendant la fusion.
S = 1,19 pour 100. — Gr. 32.

ont été faites avec le réactif de M. Stead, en employant la formule donnée précédemment par l'un de nous.

1° Le fer électrolytique fondu dans l'hydrogène, soit seul, soit avec une addition de sulfure ou de phosphure de fer, donne toujours une masse macrographiquement homogène (*fig.* 1 et 3). Les expériences ont été faites dans des tubes en silice chauffés au moyen d'un four à gaz soufflé qui donnait en 40 secondes la température de fusion du fer.

La composition des culots ainsi préparés était la suivante :

Numéros des culots et des figures.	Composition chimique.
1..............	Fer électrolytique fondu : seul.
2..............	— oxydé pendant la fusion.
3..............	— contenant 0,136 pour 100 de phosphore.
4..............	— oxydé et contenant 0,168 pour 100 de phosphore.
5..............	— additionné de Fe^2O^3.
6..............	— oxydé et contenant 1,19 pour 100 de soufre.

Ces expériences montrent d'une façon certaine que la présence du soufre et du phosphore est insuffisante pour provoquer l'apparition d'une structure macrographique.

2° Tout échantillon donnant avec le réactif de Stead des figures macrographiques nettes cesse de le faire après chauffage dans l'hydrogène. Si la température est restée inférieure à celle de la fusion du métal, la surface seule est modifiée; l'hétérogénéité subsiste dans la profondeur.

3° En opérant la fusion dans un tube de silice ouvert à l'air, ou en ajoutant un peu d'oxyde de fer à l'un quelconque des échantillons précédents de structure homogène, on fait dans tous les cas apparaître l'hétérogénéité habituelle des aciers industriels (*fig.* 4 et 6). Cela se produit en particulier avec le fer électrolytique seul (*fig.* 2 et 5) qui est cependant complètement exempt de phosphore.

L'ensemble de ces trois séries d'expériences semble établir d'une façon certaine le rôle de l'oxygène.

4° En étudiant des échantillons prélevés successivement au four Martin à diverses périodes de l'opération, on constate qu'avant l'addition finale de manganèse, le métal, encore complètement oxydé, se cuivre très peu ou pas du tout avec le réactif de Stead; après l'addition finale, le métal, partiellement désoxygéné, donne une structure macrographique très nette. Le cuivre se dépose sur les arêtes centrales des cristallites, les premières formées et les plus pures. Le remplissage solidifié en dernier reste brillant.

L'ensemble de ces faits montre que l'hétérogénéité macrographique des aciers tient à la présence de l'oxygène resté en solution solide dans le fer. On sait depuis longtemps que l'oxygène existe en dissolution dans le métal fondu, très certainement à l'état de FeO, mais on admettait que, au moment de la solidification, cet oxygène se séparait du métal, en partie

sous forme de scories oxydées, visibles par simple polissage, et en partie à l'état d'oxyde de carbone, donnant naissance aux soufflures. En réalité une partie reste en solution solide, mais la répartition n'est pas homogène, les parties de l'acier solidifiées les dernières seraient plus riches en oxygène. Comme dans toutes les solutions semblables, la composition varie progressivement d'un point à l'autre, de telle sorte que les contours de séparation entre les parties les plus oxygénées et les plus pures, cristallisées au début de la solidification, ne sont pas nets, mais estompés.

Cette existence de l'oxygène en solution solide dans le fer peut donner l'explication d'un fait depuis longtemps signalé par M. Mahler. La résistance électrique des aciers marchands peut se calculer très exactement en partant de leur composition chimique et attribuant une résistivité déterminée à chacun des éléments étrangers au fer. Cette règle est en défaut pour les échantillons de métal prélevés avant l'addition finale de manganèse. La résistance mesurée ne concorde pas avec celle que donne la formule. Cette différence résulte sans doute de la présence de l'oxygène, dont les analyses ne tiennent pas compte.

BOTANIQUE. — *Classification des Dicotylédones. Haplogones.* Note (¹) de M. Paul Vuillemin.

Les Dicotylédones offrent divers degrés d'évolution, entre lesquels on distingue, suivant les principes énoncés précédemment (²), les types Haplogones (Amphigones ou Acrogones) et Anthogones. L'enchaînement de ces types permet de relier les classes, ordres, familles, adoptés en systématique.

L'analyse fournit un ensemble de caractères servant à définir chaque catégorie. Elle distingue des qualités de forme, de structure, de texture, communes à tous les êtres vivants, à toutes les plantes, ou propres à un groupe plus ou moins étendu, à une plante donnée. Des qualités de même ordre, n'intéressant pas la plante entière, permettent d'en séparer des parties. Ces parties sont des fractions si la plante est prise pour unité. Une convention commode prend les parties pour unités en considérant la plante comme une pluralité. On peut mesurer l'étendue géométrique, la masse, le

(¹) Séance du 23 septembre 1918.

(²) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 449.

poids des parties, préciser leurs connexions, leur nombre; mais la quantité est subordonnée à la qualité qui, seule, donne le moyen de discerner les parties dans le tout. La numération n'a qu'une valeur relative à celle des éléments comptés; s'il est aisé de s'assurer qu'ils s'équivalent en qualité, l'équivalence quantitative est plus délicate à apprécier, car plusieurs parties concrescentes sont souvent confondues avec une unité simple. Les qualités impondérables dominent celles qui se pèsent, autant que celles-ci, au dire de Jussieu, l'emportent sur celles qui se comptent.

Nous n'insisterons pas sur les excellents indices d'affinité livrés par la morphologie, l'anatomie, l'histologie de l'appareil végétatif, notamment par les systèmes sécréteurs. Rappelons seulement que les vestiges d'un état primitif persistent plus longtemps dans la feuille engainante ou stipulée que dans les organes sexuels.

Les caractères tirés de l'appareil reproducteur, loin de perdre de leur intérêt, se trouvent épurés ou renforcés par les progrès de l'anatomie.

L'ovule est droit ou courbe, campylotrope ou anatrope, hyponaste ou épinaste, unitegminé ou bitegminé. Le placenta est libre, basilaire, facial ou marginal, selon ses connexions avec le phyllome carpellaire. Les carpelles sont ouverts ou clos; l'ovaire est syncarpe uniloculaire, monocarpe, apocarpe ou syncarpe pluriloculaire. L'amande est réduite à l'embryon ou pourvue d'albumen et de périsperme.

L'anthère biloculaire appartient sans doute à une étamine composée, dont le type simple, uniloculaire, se rencontre plus rarement. Primitivement indépendantes, les étamines confluent par les filets, parfois par les anthères, quand l'espace fait défaut. Les troncs formés par la concrescence initiale se dissocient en étamines multiples quand l'épanouissement agrandit l'espace d'abord trop mesuré; ils semblent se ramifier, se diviser. La déhiscence est introrse, extrorse ou latérale, longitudinale ou transversale, linéaire, poricide ou valvicide.

La gamopétalie est un phénomène de même ordre que la monadelphie; la corolle gamopétale n'est pas plus une corolle monopétale découpée sur les bords, que la phalange d'étamines n'est une étamine méristémone. Parfois l'étamine et le pétale superposé proviennent d'un rudiment commun, ou ne comptent que pour un dans l'alternance régulière des verticilles.

Les nectaires annexés au réceptacle, au calice, à la corolle, à l'androcée ou au pistil ne doivent pas être négligés.

Les connexions des pièces diverses qui composent l'haplogonelle ou l'anthogonelle, leur indépendance ou leur concrescence, fournissent des

caractères dont l'importance a été exagérée, mais ne saurait être méconnue. Tels sont l'hypogynie, la périgynie ou l'épigynie, l'ovaire supère, semi-infère ou infère.

L'arrangement phyllotaxique est plus important que les données purement numériques. Enfin les troubles de symétrie, les formes étranges qui attirent le regard et que l'horticulture sélectionne à l'envi, ne dépassent guère la portée d'un accident fréquent.

La valeur systématique des caractères décline sensiblement suivant l'ordre où nous les avons mentionnés. Gardons-nous toutefois de considérer leur subordination comme une hiérarchie immuablement arrêtée. Tel qui, dans la règle, est insignifiant, se maintient à travers des lignées étendues, parfois renforcé par la sélection naturelle.

Appliquons ces données à la classification des Haplogones.

La classe des Amentales répond essentiellement aux Amphigones. Elle renferme sept ordres.

Les Casuarinées ont les feuilles réduites à la gaine, tandis que les ovules sont anatropes hyponastes et l'ovaire muni d'une seconde loge rudimentaire. Les Juglandinées ont un ovule droit partant du fond d'une loge unique, mais des feuilles hautement différenciées. Le contraste entre l'appareil reproducteur et l'appareil végétatif interdit d'inscrire à la base des Amentales ces deux ordres, dont la chalazogamie atteste pourtant la commune infériorité. Ce caractère se retrouve d'ailleurs chez des Anthogones (*Rhus*).

Les Myricinées répondent mieux à l'idée d'un type primitif, mais en pleine évolution. Si les stipules sont inconstantes, le limbe est de forme simple et mal arrêtée; l'ovaire est syncarpe uniloculaire. L'ovule, droit et basilaire dans la famille des Myricacées, est hyponaste chez les Garryacées et les Balanopsées. La graine exalbuminée, les anthères extrorses, opposent les Myricacées aux deux autres familles.

Les autres ordres sont généralement stipulés. Les Pipérinées sont caractérisées par le périsperme amylacé doublant un albumen charnu. Les Pipéracées ont l'ovaire syncarpe uniloculaire, rarement monocarpe, l'ovule droit et les anthères introrses; les Cabombacées ont le pistil apocarpe, l'ovule et les anthères variables.

En dehors des Pipérinées, le périsperme amylacé est connu dans deux familles de Dicotylédones, les Hydnoracées et les Nymphéacées. Ce caractère exceptionnel, joint à l'hermaphrodisme, éloigne les Hydnoracées des Rafflésiacées dans lesquelles on les range à tort. Les Hydnoracées ont l'ovule droit, l'ovaire syncarpe uniloculaire comme les Pipéracées, les

anthères extrorses comme les *Cabomba* et les *Lactoris* parmi les Cabombacées. La concentration de la gonelle est préparée chez les Pipéracées de la tribu des Gymnothécées : les écailles stériles, pétaloïdes, rassemblées à la base du spadice raccourci des *Houttuynia*, *Anemiopsis*, donnent déjà à l'amphigonelle l'apparence d'une fleur; l'ovaire multiovulé devient infère chez les *Gymnotheca* par l'insertion épigyne des étamines. Les Hydnoracées sont donc un prolongement direct de l'ordre des Pipérinées parmi les Acrogones. Elles n'en diffèrent que par la réduction parasitaire de l'appareil végétatif et par un degré d'évolution plus avancé de l'appareil reproducteur. Par les Nymphéacées, les Pipérinées se prolongent jusqu'au niveau des Anthogones.

Les Chloranthinées diffèrent surtout des Pipérinées par l'absence du périsperme. Le pistil est monocarpe chez les Chloranthacées, Cératophyllacées, Platanacées, apocarpe chez les Liquidambarées, Leitnériacées; l'ovule est droit, mais pendant, dans les trois premières familles, hyponaste dans les deux autres. Les Cératophyllacées se distinguent par les anthères extrorses. Les Chloranthinées se continuent au sein des Anthogones par les Nélumbiacées, comme les Pipérinées par les Nymphéacées.

Les Salicinées ont l'ovaire syncarpe uniloculaire, mais les ovules anatropes; les anthères sont extrorses chez les Salicacées, introrses chez les Lacistémacées.

Les Cupulifères ou Castaneales ressemblent aux Casuarinées par l'ovaire pluriloculaire, les ovules hyponastes, la graine exalbuminée. Les anthères sont extrorses dans la famille des Ulmacées, plus souvent introrses chez les Bétulacées, Corylacées, Castanéacées.

De la souche des Myricinées dérivent, d'une part les Pipérinées et les Chloranthinées, d'autre part les Salicinées et, entre les deux branches, les Juglandinées, Casuarinées et Cupulifères.

Les Acrogones comprennent quatre classes dérivées des Amentales. Les Cytinales sont directement unies aux Pipérinées par les Hydnoracées juxtaposées aux Cytinacées rectovulées, uniloculaires. L'ovaire est encore syncarpe uniloculaire chez les Rafflésiacées et les Datiscacées anatropes, pluriloculaire chez les Balanophorées rectovulées ou anatropes et les Bégoniacées anatropes. D'ailleurs proches des Bégoniacées, les Népenthacées ont l'ovaire supère et l'albumen abondant. Les Aristolochiacées ont les principaux caractères des Cytinales; mais l'hermaphrodisme indique qu'elles se sont détachées de la base de la série, au voisinage des Hydnoracées.

Les Polygonales dérivent de la souche des Myricinées; elles se distin-

guent par l'albumen amylacé. Elles se divisent en deux ordres : les Polygoninées avec une seule famille à feuilles engainantes, ovule droit, ovaire uniloculaire, les Illécébrinées, souvent campylotropes, formées des Illécébracées, Portulacacées, Basellacées, Chénopodiacées, Amarantacées, Nyctaginacées, Aizoacées, Phytolaccacées. L'albumen amylacé se retrouve dans plusieurs familles prolongeant les Polygonales parmi les Anthogones.

La classe des Sterculiales a été méconnue, parce que l'emploi abusif de la méthode déductive a fait considérer les *Sterculia* comme des Malvacées dégradées; c'est un type très ancien, dont on trouve les vestiges dans l'Infracrétacé. Les Malvacées en sont un prolongement parmi les Anthogones. Les Sterculiales sont primitivement diclines; c'est une branche d'Acrogones apocarpes, dont l'origine n'est pas loin de celle des Chloranthinées sur la souche des Myricinées. Nous y plaçons les Sterculiacées (sens restreint), d'où partent les Lardizabalées et les Myristicacées comprenant plusieurs tribus (Myristicées, Eupomatiées, Trochodendrées, Schizandrées) et, peut-être, les Céphalotées.

Partant de la souche stipulée des Juglandinées, la classe des Urticales comprend une maîtresse branche formée de familles généralement stipulées : Urticacées, Thélygonées, Artocarpées, aboutissant aux Euphorbiacées où l'acrogonelle passe insensiblement à l'anthogonelle. Deux branches latérales sans stipules portent, d'une part, les Pénéacées, Elæagnacées, Batidées; d'autre part, les Santalacées et les Loranthacées, les Protéacées et les Thyméléacées.

NOMINATIONS.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture d'une lettre de M. le Dr **Bertillon**, qui, au nom du **Comité central des Ligues de familles nombreuses**, invite l'Académie à se faire représenter au sein de l'assemblée que ce Comité a pris l'initiative de réunir à Paris du 17 au 20 octobre prochain.

M. **Émile Picard** est chargé de cette mission.

CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Oscillographe cathodique DUFOUR *pour haute fréquence. Enregistrement et étude de courants de télégraphie sans fil.* (Présenté par M. J. Violle.)

M. LÉON GUILLET adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1917.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les variétés de Beltrami à trois dimensions.* Note (¹) de M. E. CARTAN, présentée par M. Appell.

Étant donné un espace euclidien à n dimensions, je dirai qu'une variété à trois dimensions située dans cet espace est une variété de Beltrami si son ds^2 est de courbure constante et égale à -1, ou encore si elle est applicable sur l'espace non euclidien hyperbolique à trois dimensions de courbure -1.

A la considération du réseau asymptotique qui joue un rôle fondamental dans la théorie des variétés développables (de courbure nulle) doit être substituée ici celle du réseau *asymptotico-isotrope* obtenu en adjoignant au réseau asymptotique le cône isotrope situé dans l'hyperplan tangent. Soit h' l'ordre de ce nouveau réseau. *Pour qu'une variété réelle soit une variété de Beltrami il faut que le réseau asymptotico-isotrope admette comme cônes de base h' plans doubles réels.*

Cette condition nécessaire montre déjà que h' est au moins égal à 3 et par suite n au moins égal à 5; sinon le cône isotrope ne pourrait pas faire partie du réseau considéré.

Nous dirons qu'un plan tangent (Π) est *principal* si le plan (Π), consi-

(¹) Séance du 23 septembre 1918.

déré comme plan double, fait partie du réseau asymptotico-isotrope; tout plan distingué est principal, sans que la réciproque soit vraie. Considérons la variété plane caractéristique de l'hyperplan normal quand le point M se déplace d'une manière quelconque sur la variété donnée et, dans l'hyperplan normal, la variété plane (R) polaire de celle-là par rapport à l'hypersphère de centre M et de rayon $\sqrt{-1}$; cette variété plane (R) est située dans l'hyperplan normal principal et se confond avec lui si le cône isotrope ne fait pas partie du réseau asymptotique; elle a une dimension de moins que lui dans le cas contraire. Cette variété plane (R) est encore le lieu des extrémités des vecteurs d'origine M égaux et opposés aux vecteurs « courbure normale » des courbes tracées sur la variété donnée et passant par M. Cela posé, si le point M se déplace sur la variété tangentiellement à un plan tangent donné, il n'existe dans (R) aucun point commun à l'hyperplan normal en M et à l'hyperplan normal infiniment voisin; il y a exception si le plan tangent est *principal :* il lui correspond alors dans (R) un point que j'appellerai le *centre de courbure principal* correspondant au plan tangent principal.

Pour qu'une variété réelle soit une variété de Beltrami, il faut et il suffit qu'il existe h' plans tangents principaux réels, tels que les h' centres de courbure principaux correspondants soient conjugués deux à deux par rapport à l'hypersphère de centre M *et de rayon* $\sqrt{-1}$.

J'insisterai sur les variétés de Beltrami de l'espace à cinq dimensions. On a ici $h'=3$; il existe donc trois plans tangents principaux nécessairement rectangulaires entre eux; la variété plane (R) est à deux dimensions, c'est le plan normal. Il faut et il suffit que les trois centres de courbure principaux A_1, A_2, A_3 forment un triangle conjugué par rapport à la circonférence de centre M et de rayon $\sqrt{-1}$, autrement dit que le triangle $A_1A_2A_3$ admette le point M pour orthocentre et que la puissance de M par rapport au cercle circonscrit soit -2. Le lieu des extrémités des vecteurs égaux et opposés aux courbures normales est la région intérieure au triangle $A_1A_2A_3$; d'une manière plus précise l'extrémité du vecteur égal et opposé à la courbure normale d'une courbe (C) tracée sur la variété est le barycentre des trois points A_1, A_2, A_3 respectivement affectés comme masses des carrés des cosinus directeurs de la tangente à la courbe par rapport aux trois tangentes principales. Il y a quatre tangentes asymptotiques symétriques deux à deux par rapport aux plans tangents principaux.

Ces variétés de Beltrami de l'espace à cinq dimensions dépendent de six fonctions arbitraires d'un argument; le système différentiel qui les fournit admet six familles de surfaces caractéristiques réelles : les lieux des extrémités des vecteurs opposés aux courbures normales des courbes tracées sur ces caractéristiques sont les trois hauteurs du triangle $A_1A_2A_3$.

Les six familles de caractéristiques se partagent en trois couples de deux; deux surfaces caractéristiques du même couple se coupent suivant une *ligne de courbure;* deux surfaces caractéristiques de deux couples différents se coupent suivant une ligne asymptotique; une même ligne asymptotique appartient à trois surfaces caractéristiques de trois couples distincts. Notons enfin que la variété admet trois familles de *surfaces principales*, c'est-à-dire de surfaces tangentes en chacun de leurs points M à l'un des plans tangents principaux correspondant à ce point.

Les variétés de Beltrami de l'espace à $n > 5$ dimensions jouissent de propriétés analogues, mais moins remarquables. Je me contenterai d'indiquer leur degré de généralité.

Si $n = 6$, les variétés de Beltrami dépendent de trois fonctions arbitraires de deux arguments, il y a en général quatre plans tangents principaux, mais pas nécessairement quatre familles de surfaces principales. Toutefois s'il existe *une* famille de surfaces principales, il en existe quatre.

Si $n = 7$, les variétés de Beltrami dépendent d'une fonction arbitraire de trois arguments : il en est de même si, n étant supérieur à 7, le réseau asymptotico-isotrope est d'ordre $h' = 5$; il y a une infinité de plans tangents principaux et les centres de courbure principaux décrivent dans l'hyperplan (R) à quatre dimensions une courbe normale (unicursale) du quatrième ordre.

Enfin si $n \geqq 8$, les variétés de Beltrami dépendent de $n - 6$ fonctions arbitraires de trois arguments.

Dans le cas où les variétés de Beltrami seraient imaginaires, le réseau asymptotico-isotrope pourrait appartenir à un type projectif donné arbitraire, à condition de supposer n suffisamment élevé.

MAGNÉTISME. — *Sur les coefficients d'aimantation de l'oxygène, de l'oxyde azotique et la théorie du magnéton.* Note de MM. **Edmond Bauer**, **Pierre Weiss** et **Auguste Piccard**, présentée par M. J. Violle.

La théorie du magnéton a donné une grande importance aux mesures des coefficients d'aimantation. Celles-ci permettent en effet de soumettre

au contrôle de l'expérience la loi des rapports rationnels entre les moments magnétiques moléculaires et d'une façon indirecte, il est vrai, les hypothèses cinétiques qui sont à la base de la théorie de Langevin.

C'est aux gaz paramagnétiques que la théorie s'applique de la façon la plus immédiate. Les coefficients d'aimantation de l'oxygène et de l'oxyde azotique ont déjà fait l'objet de deux Notes (¹). Il y avait intérêt à reprendre leur mesure par des méthodes nouvelles afin d'éliminer toute cause d'erreurs systématiques. Nous avons employé trois méthodes différentes. Les deux premières étaient des variantes de celle qui avait servi autrefois. En principe, on mesure alternativement la dénivellation magnétique de l'eau dans une atmosphère d'hydrogène h_0 et dans le gaz à étudier h. On obtient la susceptibilité $\varkappa$, rapportée directement à la susceptibilité de l'eau $\varkappa_0$, qui est bien connue, à l'aide de la formule $\varkappa = \varkappa_0 \frac{h - h_0}{h_0}$.

L'un de nos appareils ne différait pas sensiblement des tubes en U qui avaient servi dans les précédentes mesures. L'autre appareil était un tube en O permettant d'opérer en vase clos à l'abri de l'oxygène de l'air et des perturbations de la pression atmosphérique. C'est avec cet appareil que nous avons trouvé une cause d'erreurs assez importantes dont il n'avait pas encore été tenu compte. La dissolution d'un gaz magnétique dans l'eau abaisse sa susceptibilité (diamagnétique) d'une très petite quantité, 4 à 6 pour 1000 au maximum. Mais si l'eau change de propriétés d'une expérience à l'autre, si, pendant la mesure de h_0, elle ne dissout que de l'hydrogène, sans influence sur sa susceptibilité, tandis qu'elle absorbe du gaz paramagnétique pendant la mesure de h, il en résulte, sur la différence $h - h_0$, une erreur par défaut qui peut atteindre 3,3 pour 100 pour l'oxygène, 5 pour 100 pour NO.

Afin d'éviter cette erreur, nous nous sommes efforcés de faire les mesures de h et h_0 avec le même liquide, condition impossible à réaliser entièrement. Néanmoins, il est facile de voir qu'en remplissant l'appareil au début de l'expérience d'eau privée de tout gaz en dissolution et commençant par la mesure sous l'hydrogène, on obtient un nombre trop faible; au contraire, en saturant au préalable l'eau du gaz magnétique à étudier, la mesure donne un nombre probablement trop fort, mais assez voisin de la valeur réelle. Nous sommes arrivés ainsi à enfermer les valeurs possibles des coef-

(¹) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1234; et t. 157, 1913, p. 916.

ficients d'aimantation à 20° C., χ_{20} entre des limites étroites différant l'une de l'autre de moins de 1 pour 100 :

		O^2.	NO.
χ_{20}	limite inférieure......	$1,0695.10^{-4}$	$0,483.10^{-4}$
	limite supérieure.....	$1,0790.10^{-4}$	$0,486.10^{-4}$

La troisième méthode est nouvelle et indépendante de cette cause d'erreurs : étant donnée une colonne horizontale d'un gaz paramagnétique aboutissant d'un côté dans l'atmosphère et de l'autre dans un champ magnétique H, on mesure directement l'excès $\frac{\chi H^2}{2}$ de la pression dans le champ sur la pression extérieure, à l'aide d'un petit manomètre à eau. Pour que l'eau ne subisse pas l'action du champ, on interpose entre le manomètre et le gaz à étudier un tube rempli d'un gaz non magnétique, comme CO^2 (très faiblement diamagnétique) qui transmet la pression au manomètre.

Il faut que la zone d'interdiffusion des deux gaz, qui s'étend peu à peu, reste confinée pendant toute la durée d'une mesure dans une région de champ magnétique uniforme. On y arrive en raccordant les deux colonnes gazeuses par un labyrinthe ([1]), c'est-à-dire un tube de diamètre variable, recourbé en S multiple, assez ramassé pour être tout entier dans un champ magnétique uniforme. Grâce à cet appareil, la diffusion ne devenait gênante qu'une minute au moins après le remplissage, ce qui donnait chaque fois le temps de faire trois lectures avec champ et trois sans champ. Nous avons obtenu ainsi les nombres définitifs qui suivent (σ représente le moment magnétique par molécule ou atome-gramme, calculé à l'aide de la formule de Langevin) :

(O^2) $\chi_{20} = 1,077.10^{-4} \pm 0,003 .10^{-4}$, $\sigma_{O^2} = 1,587.10^4$, $\sigma_O = 0,793$,
(NO) $\chi_{20} = 0,487.10^{-4} \pm 0,0025.10^{-4}$, $\sigma_{NO} = 1,033.10^4$.

En divisant par le magnéton-gramme 1123,5, on obtient, par atome d'oxygène $n = 7,06$ et par molécule d'oxyde azotique $n = 9,20$, deux nombres *qui ne sont pas entiers*. Même pour l'oxygène, la différence de 1 pour 100 entre n et un entier n'est pas attribuable à des erreurs d'expérience qui devraient atteindre 2 pour 100. Si l'on supposait les deux atomes librement articulés dans la molécule, on obtiendrait, il est vrai, des

([1]) A. Piccard et O. Bonazzi, *Archives de Genève*, t. 42, 1916, p. 328.

nombres entiers de magnétons ($n = 9,99$ pour l'oxygène); mais, jusqu'à présent, la valeur de la chaleur spécifique suggère plutôt l'hypothèse de la molécule rigide.

En conclusion, ces mesures, calculées à la manière habituelle, sont en contradiction avec la théorie du magnéton. Cependant celle-ci repose, par ailleurs, sur un ensemble si étendu de concordances qu'il ne nous semble pas permis d'y renoncer.

Deux hypothèses sont possibles. Ou bien l'oxygène et son composé seraient une exception à la loi générale, ou bien les discordances observées seraient dues à un écart entre la théorie cinétique classique et les faits. De tels écarts sont fréquents. Rappelons d'une part les faits qui ont rendu nécessaire l'hypothèse des quanta et, d'autre part, les formes inattendues trouvées par l'un de nous pour l'équation caractéristique des fluides ([1]).

PHYSIQUE. — *De la thermo-électricité du tungstène.* Note de **M. H. Pécheux**, présentée par M. J. Violle.

Comme suite à mes recherches de thermo-électricité, j'ai étudié récemment trois filaments de tungstène étirés, fournis par la Société Lacarrière (usine de Courbevoie), et fabriqués antérieurement à 1914.

Ces filaments, relativement purs, présentent entre eux, cependant, des écarts suffisants pour qu'il soit permis d'admettre, *a priori*, une différence de constitution mécanique ou chimique. J'ajoute que ces écarts sont d'un ordre inférieur à ceux que fournit le tantale, dont j'ai fait l'étude en 1911 ([2]).

J'ai traité lesdits filaments par l'eau régale pure; l'attaque est *très lente*, même à chaud; j'ai constaté, dans les chlorures obtenus, la présence du fer, en traces appréciables, mais en quantité variable de l'un à l'autre. D'autre part, j'ai mesuré les variations de résistance des trois filaments (longueur : 40^{cm}; diamètre variant de $\frac{1}{10}$ à $\frac{435}{1000}$ de millimètre), en les portant à des températures comprises entre 21° et 200°, repérées à l'aide d'un bon thermomètre à mercure; ceci, à l'aide d'une boîte d'ohms montée en pont de Wheatstone (de Chauvin et Arnoux). Les résultats obtenus m'ont permis de calculer les formules suivantes donnant la résistivité à $t°$,

---

([1]) P. Weiss, *Comptes rendus*, t. **167**, 1918, p. 74, 232, 293, 364.

([2]) *Comptes rendus*, t. **153**, 1911, p. 1140.

en microhms; les trois échantillons sont classés, ci-après, dans l'ordre de *pureté décroissante*, les deux derniers étant sensiblement *plus riches en fer* que le premier, lequel a été obtenu *plus écroui* que les deux autres (ce fil est *cassant*) :

Tungstène (G) : $\rho_t = 5,30(1 + 0,0054\,t + 0,0000195\,t^2)$;
Tungstène (F) : $\rho_t = 5,41(1 + 0,0037\,t + 0,0000041\,t^2)$;
Tungstène (M) : $\rho_t = 5,31(1 + 0,0048\,t + 0,0000015\,t^2)$.

L'accroissement de résistivité, avec la température, est très sensiblement moindre avec les deux derniers (plus riches en fer) qu'avec le premier (le plus pur, mais le plus écroui).

Cette classification faite, j'ai réalisé des couples tungstène-cuivre pur, dont la soudure chaude a été portée, successivement, dans des bains à températures fixes, connues (bains de fusion ou d'ébullition), la température constante de 21° étant maintenue à la soudure froide. Chaque couple était relié directement à un galvanomètre Deprez-d'Arsonval (type Ducretet), soigneusement étalonné en microvolts, à l'aide d'un étalon de force électromotrice Weston (1,0186 volt à 20°). Les forces électromotrices relevées, entre 21° et 630°, m'ont permis de calculer les formules des pouvoirs thermo-électriques, données par le Tableau ci-dessous, en microvolts. Le tungstène est *négatif* par rapport au cuivre, après la température d'inversion.

Cuivre-tungstène (G) : $\frac{dE}{dt} = 0,0336\,t - 0,651$ (inversion à 39°);

Cuivre-tungstène (F) : $\frac{dE}{dt} = 0,0339\,t - 1,120$ (inversion à 69°,5);

Cuivre-tungstène (M) : $\frac{dE}{dt} = 0,0358\,t - 1,249$ (inversion à 66°).

De l'examen de ce Tableau et de la comparaison des résultats qu'il renferme (obtenus après 5 ou 6 recuits), avec ceux d'un premier essai, il résulte que :

1° Le coefficient angulaire de la droite représentative du pouvoir thermo-électrique, et, par suite, l'accroissement de ce pouvoir thermo-électrique, est d'autant plus élevé que la teneur en fer est plus grande elle-même;

2° Le recuit relève le pouvoir thermo-électrique de tous les couples;

3° A recuit égal, le pouvoir thermo-électrique s'accroît *d'autant plus* que le filament est *moins écroui* à l'origine (le tungstène M est le moins écroui).

Dans la série thermo-électrique, le tungstène se place entre le cuivre et le platine; le cuivre étant, lui-même, entre le tantale et le tungstène.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur les coupes des soies artificielles.* Note de M. de Chardonnet, présentée par M. Deslandres.

On sait que la coupe transversale d'un fil de soie grège de cocon se présente sous la forme d'une sorte de croissant (*fig.* 1, ligne ponctuée) formé par le *grès* ou *gomme* enrobant deux brins de soie proprement dite (matière connue sous le nom de *séricine*). Ces brins, produits chacun par l'une des deux *filières* débouchant sur la tête du ver à soie, offrent, en coupe, l'aspect d'un triangle dont les angles seraient arrondis. Dans l'opération de la *cuite* ou *décreusage* de la soie, le grès se dissout dans le réactif savonneux ou alcalin, et les deux brins sont mis en liberté : ils apparaissent alors avec leur forme et tout leur éclat.

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Les fibres de soie artificielle sont produites au moyen de la projection, dans un liquide ou dans l'air, d'une mince veine liquide qui se coagule instantanément au sortir de l'orifice par lequel elle s'écoule. Le liquide se solidifie, soit par évaporation du dissolvant, soit par précipitation de la matière qu'il tient en dissolution. Le premier cas se rapporte à la soie de collodion (Chardonnet), à la soie de gélatine (Vanduara), aux filaments de sucre, etc. Le second cas comprend la soie dite *Glanzstoff* (solution de cellulose dans l'ammoniure de cuivre), la soie de *viscose* (xantrate de cellulose), certains filaments pour lampes électriques (solution de cellulose dans l'acide sulfurique), etc. Toutes choses égales d'ailleurs, les filaments obtenus par précipitation ne peuvent offrir ni la même solidité, ni la même transparence que les soies formées par évaporation, puisque *précipitation* signifie en même temps *discontinuité*.

Les soies obtenues par précipitation présentent généralement, en coupe,

un cercle plus ou moins parfait; les soies obtenues par dessiccation offrent, au contraire, des particularités qui influent sur leur emploi industriel. Nous examinerons ici les coupes des soies de Chardonnet, les seules soies formées par évaporation qui soient employées dans la pratique.

Celles-ci peuvent être filées de deux manières : soit en projetant le collodion dans l'eau, soit en le projetant dans l'air.

Dans le premier cas, on emploie généralement un collodion très fluide, par exemple 50^g de pyroxyline sèche pour 1^l du mélange alcool-éther. Au contact de l'eau, la surface de la veine fluide sortant à l'état cylindrique du bec capillaire se coagule instantanément au contact de l'eau, et la pellicule ainsi formée, quoique très mince, conserve ultérieurement tout son développement; en sorte que, pendant la dessiccation du fil, elle se replie sur elle-même, réduisant la section totale au volume du solide final. Les coupes se présentent alors sous les formes étoilées de la figure 2. Si l'on file dans l'eau un collodion plus épais, le rapport entre les volumes du collodion et du fil diminuant, la coupe devient plus ramassée sur elle-même. Avec un peu d'habitude on peut même estimer, approximativement, la concentration du collodion employé en examinant les coupes.

Lorsqu'on file à l'air, on emploie des collodions beaucoup plus épais, contenant 250^g à 200^g d'hydrate de pyroxyline (renfermant environ 26 pour 100 d'eau) pour 1^l du dissolvant; alors, d'une part, la coagulation se fait moins vite, et, d'autre part, le solide final présente une section plus grande. Il en résulte une coupe beaucoup moins contournée, comme dans les exemples que montre la figure 3.

On reconnaît donc facilement, à sa coupe, si une soie de collodion a été filée à l'air ou à l'eau.

On nomme *couverture* la propriété que possède une soie de garnir plus ou moins bien, avec un poids donné, de fils jointifs, la surface d'une étoffe ou d'une pièce de passementerie. Cette faculté augmente en raison inverse de la densité apparente de la soie. Toutes choses égales d'ailleurs, plus les fils sont ronds et réguliers, moins ils occupent d'espace. Les soies de collodion ont donc ici l'avantage; il faudrait même, à ce point de vue, préférer les soies filées à l'eau. Mais d'autres considérations ont fait adopter la filature à l'air, d'autant plus que la couverture des soies filées à l'air est suffisante pour compenser la faible différence de densité réelle existant entre la soie naturelle et la soie artificielle, la densité apparente des deux textiles se trouvant finalement être à peu près la même.

On peut, au moyen d'artifices, obtenir au laboratoire des fils de collodion d'une extrême ténuité, parfaitement cylindriques comme ceux de l'araignée, plus fins que ces derniers. On a vu à l'exposition universelle de 1889 des fils

de un millième de millimètre de diamètre. Pour obtenir ces échantillons, on dissout 2^g à 3^g de pyroxyline sèche dans 60^g d'alcool et 40^{cm^3} d'éther. On projette ce collodion à travers la pointe d'un tube de verre étiré très fin, dans de l'alcool dilué. L'alcool ralentit la dessiccation de la surface du fil, dont le centre sèche en même temps que la périphérie : le brin conserve une forme cylindrique parfaite.

MINÉRALOGIE. — *Sur les mélanges isomorphes.* Note de M. **Paul Gaubert.**

Pour étudier la constitution des mélanges isomorphes, je me suis adressé, non à des substances dont les propriétés des cristaux purs sont voisines, comme on l'a fait habituellement, mais à celles dont certaines propriétés sont très différentes (coloration, réfringence, degré de stabilité, etc.). L'examen des propriétés physiques des cristaux complexes et l'étude du partage de l'une des deux substances, entre l'eau-mère et les cristaux en voie d'accroissement de l'autre corps isomorphe, fournissent des indications sur le mode d'association des deux composants du cristal.

Dans ce but, j'ai examiné : 1° les mélanges des perchlorates de potassium et d'ammonium avec le permanganate de potassium, des chromates, sulfates, séléniates de potassium, de cæsium et de rubidium avec le manganate de potassium (coloration); 2° les mélanges des sels de thallium, d'argent et de plomb avec les sels correspondants de potassium, de sodium et de baryum (différence des indices de réfraction produisant l'opacité des cristaux); 3° les mélanges contenant des sels d'argent ou du manganate de potassium (stabilité).

Parmi les faits observés, je me propose dans cette Note de signaler les suivants, faciles à constater :

Les cristaux des chromates et séléniates de potassium, de rubidium et de cæsium formés dans une solution contenant du manganate de potassium [1] se colorent en vert, quel que soit le degré de dilution de ce dernier sel; l'intensité de la coloration et, par conséquent, la quantité de manganate contenue dans les cristaux de chromate et de séléniate est proportionnelle à celle qui se trouve dans la solution, du moins tant que celle-ci est infé-

---

[1] Ces mélanges ont déjà été étudiés par W. Retgers, qui a obtenu des résultats partiellement différents des miens (*Zeitsch. f. phys. Chemie*, t. 8, 1891, p. 6).

rieure à 5 pour 100. Les cristaux colorés sont stables, d'une homogénéité parfaite, transparents et presque sans polychroïsme, puisque les cristaux purs des chromates et des séléniates sont très peu biréfringents ([1]). Ces cristaux se comportent donc comme ceux d'acide phtalique, d'acide méconique, de nitrate et oxalate d'urée colorés par le bleu de méthylène ou de salmiac colorés par $FeCl^3$ ([2]), avec toutefois cette différence que leur faciès n'est pas modifié. Pour simplifier les descriptions ultérieures, je désigne par A ce genre de structure.

Lorsque la solution contient suffisamment de manganate pour laisser déposer des cristaux de ce sel, les cristaux du type A continuent à s'accroître, mais les nouvelles couches déposées sont formées par un mélange mécanique de très petits cristaux du type A et de manganate, les deux sortes ayant la même orientation, mais, à cause de l'opacité de ces nouveaux dépôts, l'accroissement ne peut pas être longtemps suivi. La structure des zones extérieures est par conséquent tout à fait différente de celles du centre, je la désigne par B.

Le phénomène est différent avec les sulfates de potassium, de rubidium et de cæsium cristallissant dans une solution contenant du manganate de potassium. Les premiers cristaux déposés sont d'abord presque purs, bien que la solution soit très riche en manganate, par conséquent ils n'appartiennent pas au type A. Au bout de quelques minutes, quand la solution, par suite de son altération, commence à prendre une teinte légèrement violacée, les cristaux des sulfates considérés se colorent, mais leur coloration diffère complètement de celle des cristaux des chromates et des séléniates, ils ont en effet une couleur bleu violacé et possèdent un fort polychroïsme (bleu suivant n_g, rougeâtre suivant n_p) ne correspondant pas du tout à leur biréfringence. Les cristaux pseudohexagonaux aplatis suivant la base montrent même, à cause de ce polychroïsme, des secteurs inégalement colorés, correspondant aux cristaux simples. Par conséquent, contrairement à l'opinion de Retgers, le composé colorant les cristaux diffère du manganate et ces derniers, d'après leur structure et leur polychroïsme, appartiennent au type B.

([1]) J'ai montré (*Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 1004) que le polychroïsme des substances colorées artificiellement par la même matière colorante (type A) est d'autant plus fort que la biréfringence est plus élevée.

([2]) P. Gaubert, *Bulletin de la Société fr. de Min.*, t. 25, 1902, p. 154; t. 28, 1905, p. 286; t. 38, 1915, p. 155.

Si la solution est suffisamment riche en manganate pour laisser déposer des cristaux de ce sel et surtout si le liquide, d'abord chaud, est convenablement refroidi pour que le sulfate et le manganate cristallisent, il se produit des cristaux formés de deux sortes d'éléments cristallins, possédant la même orientation, plus ou moins petits et parfois même invisibles au microscope. Ils appartiennent au type B et sont tout à fait différents de ceux des chromates et des séléniates du type A, qui ne se produit pas avec les sulfates. Les cristaux du type B sont instables, par suite de l'altération du manganate, alors que ceux du type A se conservent indéfiniment.

Les perchlorates de potassium et d'ammonium cristallisant avec le permanganate de potassium fournissent des cristaux du type A, tant que la solution n'est pas saturée de permanganate, mais si la saturation se produit aussi pour ce dernier, il se forme des cristaux mixtes du type B, composés de très petits éléments cristallins de perchlorate saturés, pour ainsi dire, de permanganate et de permanganate saturés de perchlorate, appartenant au type A. Ces faits permettent d'expliquer la forme de la courbe représentant la composition des cristaux en fonction de celle de la solution. Tant qu'il ne se produit que des cristaux du type A, la courbe se confond presque avec une droite, avec toutes les substances que j'ai étudiées.

Les corps isomorphes peuvent donc former des cristaux complexes par les deux mécanismes, que j'ai décrits depuis longtemps dans les cristaux constitués par deux substances ne présentant aucune analogie de forme cristalline. Les seules différences consistent en ce que, si les deux corps ne sont pas isomorphes, les cristaux de celui qui contient l'autre en petite quantité, changent de faciès et qu'il ne se produit pas de cristal constitué par les deux types associés.

En tenant compte de l'ensemble des propriétés, il me paraît que l'expression de *solution solide* doit être réservée aux cristaux du type A, que les corps soient isomorphes ou non. Le corps dissous, c'est-à-dire celui qui se trouve en petite quantité par rapport à l'autre, peut même être liquide à la température ordinaire comme c'est le cas pour l'alcool éthylique, dissous dans les cristaux d'acide phtalique ([1]) ou même gazeux, les zéolites doivent être considérées comme des solutions solides. Les cristaux du type B, formés par l'association régulière de cristaux très petits et peut-être même

([1]) P. Gaubert, *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 632.

dans certains cas par les particules cristallines elles-mêmes, peuvent être désignés sous le nom de *cristaux mixtes* (¹).

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les franges d'interférence développées par le frottement et l'électricité dans certains liquides anisotropes.* Note de M. F. GRANDJEAN.

Je décrirai seulement ici des faits, sans chercher à les rattacher à une hypothèse quelconque.

Le liquide anisotrope est observé au microscope entre deux lames de substances différentes, par exemple deux lames de clivage de talc et de brucite, qu'il convient de choisir bien transparentes et incolores. L'une des lames est fixe; l'autre est rendue solidaire du chariot mobile que porte la platine du microscope. En déplaçant le chariot on fait donc mouvoir une lame par rapport à l'autre et il y a frottement si les lames se touchent. Pour placer au centre du champ le point de frottement, j'ai trouvé commode de courber la lame inférieure en la collant sur la surface d'une lentille convexe dont on surmonte le condensateur, la convexité étant naturellement dirigée vers le haut.

Dans ces conditions on voit se former des franges vivement colorées en lumière blanche, dès qu'on agit sur les vis qui déplacent le chariot. Ces franges n'apparaissent que dans les parties qui viennent de frotter l'une sur l'autre. Elles sont très fugitives. Dès que le mouvement cesse, elles s'effacent en une fraction de seconde. Dans les cas les plus favorables elles persistent 1 ou 2 secondes. Enfin, très exceptionnellement, et seulement dans les régions assez épaisses de la préparation, j'ai vu les couleurs se maintenir plusieurs minutes. Ces plages colorées persistantes ont les mêmes caractères que les plages fugitives, mais sont ordinairement moins homogènes, plus irrégulières. Elles sont plus colorées quand elles ne sont pas tout à fait au point, comme les stries colorées dont il sera question plus loin.

Les couleurs dépendent de l'épaisseur du liquide au point où elles se forment. Pour des épaisseurs graduellement croissantes à partir de zéro, on observe la succession suivante : blanc, blanc brunâtre, brun, brun sombre passant au pourpre foncé dans des limites d'épaisseur très étroites, bleu indigo vif, bleu verdâtre, vert, jaune, jaune

---

(¹) C. Viola (*Acad. dei Lincei*, t. 25, 1916, II, p. 285) admet que les cristaux composés de $SO^4Mg.7H^2O$ et de $SO^4Zn.7H^2O$ sont des mélanges mécaniques homogènes.

rougeâtre, rouge, puis une alternance de verts et de rouges de plus en plus effacés. C'est une série tout à fait analogue à celle des anneaux de Newton ou à celle de polarisation chromatique entre nicols parallèles. On obtient les couleurs d'autant plus facilement que l'épaisseur du liquide est plus faible. Celles d'ordre supérieur sont difficiles à observer.

On voit assez souvent, dans les parties un peu épaisses, qui dépassent le premier bleu, et au moment où les couleurs achèvent de disparaître, des stries fines parallèles diversement orientées. Ces stries sont plus fugitives encore que les couleurs. Elles suggèrent l'idée d'une structure du liquide. Les couleurs seraient dues à une structure particulière, développée par le frottement.

En lumière monochromatique on voit une succession de franges sombres et claires, dans les mêmes conditions.

Ces observations ont été faites sans polariseur ni analyseur. Si l'on interpose un analyseur dans une direction quelconque, ou une lame cristalline surmontée d'un analyseur, rien n'est modifié. La lumière colorée qui émerge de la substance paraît donc formée d'un mélange de radiations diversement orientées comme la lumière ordinaire.

La direction dans laquelle on produit le frottement ne change rien au phénomène, comme aussi l'orientation d'une lame cristalline par rapport à l'autre. La nature des parois frottantes n'intervient pas davantage. Les lames de talc et de brucite choisies comme exemple peuvent être remplacées par beaucoup d'autres couples; on peut remplacer une lame cristalline par du verre; mais certains couples produisent facilement les couleurs, d'autres difficilement, d'autres pas du tout.

J'ai pensé, en rapprochant ces observations, que ce qui agit pour donner les couleurs, c'est l'électricité que développe le frottement, et qui se dissipe ensuite par décharge à l'intérieur du liquide. J'ai donc observé le liquide anisotrope sur une lame de verre, dans un champ électrique, entre deux conducteurs de métal mis en communication avec les pôles d'une machine électrostatique. On voit en effet les mêmes couleurs se former dans le liquide, mais par endroits seulement, et d'une manière très irrégulière. On facilite d'ailleurs beaucoup le phénomène en laissant le liquide venir au contact des conducteurs métalliques, sans doute parce qu'il se charge plus facilement.

Les couleurs ainsi formées sont les mêmes que celles développées par le frottement, et elles en ont toutes les propriétés; elles sont aussi fugitives, et disparaissent avec le champ, par exemple quand l'étincelle éclate; elles peuvent également persister, d'une manière exceptionnelle, tout à fait comme dans le cas du frottement; mais on voit bien mieux qu'elles

résultent d'une structure. Le plus souvent, en effet, l'action du champ électrique forme souvent des stries colorées mobiles, bien séparées les unes des autres. Ces stries ont une couleur qui dépend de l'épaisseur du liquide. La succession des couleurs pour les épaisseurs croissantes est celle donnée plus haut. Les stries sont assez peu colorées quand on les met exactement au point, et beaucoup plus quand le microscope n'est pas tout à fait au point. Ce fait s'observe d'autant mieux que l'épaisseur est plus forte, tant que la couleur est vive. Si les stries se rapprochent suffisamment dans une région, l'œil ne les sépare plus et tout le liquide paraît uniformément coloré. Dans les grandes épaisseurs on ne voit aucune couleur, mais des *fils* nombreux qui ne diffèrent peut-être pas des stries dont je viens de parler. Ces fils se meuvent rapidement. Ils sont orientés à peu près suivant la direction du champ. Leur nombre s'accroît avec l'intensité du champ électrique et peut devenir tel que le liquide ne laisse presque plus passer la lumière.

Je me suis servi des azoxyanisol, anisolphénétol et phénétol pour le frottement, et d'azoxyanisol pour l'action du champ électrique.

Les observations précédentes montrent que le frottement ou l'électricité peuvent développer dans ces liquides une structure particulière qui est telle que la lumière, en la traversant, subit des interférences et sort colorée. J'ajouterai qu'il y a aussi coloration de la lumière réfléchie, mais je n'ai observé ce fait qu'avec le frottement. En outre, la lumière réfléchie est bien plus intense dans les régions qui sont colorées par transmission que dans les régions normales. Les premières régions tranchent vivement sur le fond sombre ou noir de la préparation dès qu'on supprime l'éclairage inférieur du microscope.

GÉOPHYSIQUE. — *A propos de la* protosphère *ou coque primitive de scories de M. H. Douvillé.* Note de M. **Adrien Guébhard**, présentée par M. H. Douvillé.

Dans ma Note du 23 juillet 1917 (¹), envisageant seulement le côté physique du problème du volcanisme, et frappé par la réponse immédiate qu'apportaient les propriétés connues du fer au postulat d'une substance qui, pour surnager sa fonte, foisonnât au moment de la solidification,

---

(¹) *Sur une manière nouvelle de comprendre le volcanisme et les apparences pseudo-éruptives du granite* (*Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 150).

j'admis d'emblée que c'était de ce métal qu'avait dû se former la première pellicule solide à la surface du globule incandescent de Laplace. J'ignorais à ce moment qu'une autre donnée, fort importante et remontant encore plus haut, eût été déjà apportée sur le même sujet par M. H. Douvillé (¹), qui, avec une vraisemblance touchant à la certitude, puisque basée sur des faits observables dans nos hauts fourneaux, avait attribué à la scorification de la fonte magmatique, au cours du refroidissement, la formation de la première croûte siliceuse, destinée à servir de plancher aux phénomènes ultérieurs de la sédimentation.

Certes il me parut (Note du 25 février 1918) que cette écorce, interceptant elle-même l'action superficielle d'oxydation d'où elle naissait, n'avait dû constituer qu'une coque relativement fragile et de peu d'épaisseur (²), dont le renforcement ne s'effectua, par la base, qu'au moment où la suite du refroidissement (³) amena la prise du magma ferrugineux. Mais celui-ci n'en resta pas moins isolé dès lors pour toujours du contact atmosphérique par l'émail vitreux, premier formé, auquel il semble indiqué, vu l'importance de son rôle, d'attribuer dorénavant, dans la nomenclature adoptée, un nom spécial : celui, par exemple, de *protosphère*.

Ravinée dès les premiers jours par les dégorgements continus d'une atmosphère encore très chargée (⁴), c'est de l'amalgamation de la substance de cette protosphère avec celle des éjections volcaniques (⁵)

(¹) H. Douvillé, *Les premières époques géologiques* (*Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 221).

(²) L'épaisseur maximale étant, en plus, limitée par la quotité de matière oxydable offerte à la surface du magma.

(³) Même en tenant compte des revêtements ultérieurs, il semble difficile d'admettre que le refroidissement ait pu être dès ce moment arrêté. Or la formation des scories dans les hauts fourneaux ayant lieu vers 1850°, c'est vers 1500° que commence la solidification du fer, et il y a tout lieu de croire que ces chiffres furent bien plus élevés sous les formidables pressions de l'époque.

(⁴) Un des problèmes les plus instants qui semblent se poser dorénavant serait de pouvoir établir rigoureusement l'ordre des condensations liquides et solides en fonction de l'abaissement des températures et pressions, de manière à pouvoir faire un départ sûr entre les substances simples ou composées qui, ayant rejoint le magma avant son occlusion, ne sont venues à notre connaissance que par les rejets volcaniques, et celles qui, plus particulièrement intéressantes au point de vue minier, ont été retenues plus ou moins à notre portée par l'interposition de la protosphère.

(⁵) Amalgame qui, si longtemps, fit croire à la provenance ignée des roches granitoïdes, même alors que l'observation minéralogique avait fait reconnaître l'aspect

par des ruissellements brûlants, surtout alcalins et longtemps anhydres, que furent constituées, dans les chenaux géosynclinaux, les premières sédimentations azoïques, base de la *lithosphère*, pour lesquelles ma Note du 29 avril 1918 (¹) réclamait, dans la terminologie géologique, une désignation spéciale, digne de l'importance qui leur a toujours été reconnue et de la très longue durée de leur formation, qui a dû correspondre à une chute de température de près de 1500°, tandis que celle des formations hydriques n'a guère pu porter que sur un refroidissement total de 350°, dont moins de 100° pour la sédimentation fossilifère (²).

Il est d'ailleurs à remarquer que toutes les considérations présentées dans ma Note du 25 mars 1918 sur la notion de « géosynclinal », étant absolument indépendantes de la substance de la première pellicule, s'appliqueraient aussi bien à la protosphère avant qu'après son renforcement par une armature ferrugineuse, soit que ce renforcement ait intéressé dès le début tout le dessous de la coque, ou seulement la convexité centrale des boucliers continentaux, sans atteindre les bords défléchis. Bien loin, par conséquent, que la notion d'une *ferrisphère* soit en contradiction avec celle, encore moins hypothétique, de la *protosphère* de M. Douvillé, elle en est plutôt, littéralement parlant, la corroboration, puisque, en donnant à la coque fragile la qualité de « plancher résistant » (³), elle en fait la base solide d'une théorie qui, après avoir fourni une explication élémentaire du volcanisme, et ramené à une formule unique les éjections cristallophylliennes et tout le diastrophisme cortical, a englobé tout naturellement une foule de singularités demeurées en marge de toute interprétation et, finalement, par sa schématisation synthétique de la structure du sphéroïde, offert un terrain de conciliation probable aux multiples jeux de calcul par lesquels les mathématiciens, grâce à l'indétermination de la plupart des données du problème, étaient arrivés aux conclusions les plus variées pour satisfaire chacun à telle ou telle par-

---

détritique et nettement remanié des éléments de cette origine. M. H. Douvillé, dans la Note précitée, établissait clairement ce mode de formation purement sédimentaire des gneiss.

(¹) *A propos de l'écorce sédimentaire* (*Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 694).

(²) Même si le ralentissement du refroidissement superficiel, qui semble aujourd'hui bien près de son point mort, a pu atténuer le contraste des écarts thermométriques, ceux-ci n'en conservent pas moins toute leur importance pour une subdivision rationnelle des temps azoïques de la sédimentation.

(³) *A propos de l'écorce résistante* (*Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 420).

ticularité, seule envisagée. Notre abstention systématique de tout essai prématuré de précision chiffrée laisse le champ ouvert aux calculateurs pour encadrer dorénavant dans la généralité de nos données physiques la spécialité trop diverse de points de vue, qui ne les a pas empêchés d'aboutir presque tous à la notion d'une coque métallique élastique, dont l'emplacement seul et les dimensions restaient à préciser par rapport à la *pyrosphère*, hors de discussion de par la géologie, et à la *barysphère*, dont la position nucléaire et centrale s'impose par définition.

RADIOLOGIE. — *La radiographie anthropométrique du pouce. (Superposition des empreintes digitales, du squelette et de l'ongle.)* Note de M. **Henri Béclère**, présentée par M. Quénu.

Cette méthode simple permet de fixer sur un cliché, avec la plus grande netteté et sans écrasement des lignes, les moindres détails de la structure de la peau de la région palmaire des extrémités digitales. Les sillons apparaissent avec leurs multiples dédoublements et les orifices des glandes cutanées sont tous mis en évidence. La limpidité des images obtenues permet les agrandissements photographiques de grandes dimensions, 30×40 par exemple. C'est de plus, avec l'apparition du squelette et la venue des limites unguéales, l'introduction dans les indications anthropométriques de deux facteurs nouveaux avec toutes leurs conséquences au point de vue des rapports. Le profil de l'ongle varie avec chaque individu. Pour un ongle donné, d'autre part, la forme de la matrice et des bords latéraux paraît immuable dans le temps chez le même individu. La projection de la matrice unguéale sur le squelette varie également à l'infini et ses rapports avec les sillons cutanés, les variations du squelette et les surfaces articulaires sont autant d'indications nouvelles.

Pour faire apparaître sur la plaque les limites unguéales il suffit de les indiquer légèrement par un sel à poids atomique très élevé, partant très opaque aux rayons X. Nous utilisons le minium. Les rainures unguéales sont saupoudrées de minium à l'état pulvérulent. Afin de ne pas surcharger les images, le minium ne doit pas être mis en excès. Les limites de l'ongle doivent donc être indiquées par un fin liséré. Le surplus de substance opaque doit être enlevé. Il disparaît très facilement à l'aide d'un tampon d'ouate hydrophile trempé dans l'essence minérale. La peau de la région palmaire est décapée sommairement au tampon imbibé d'essence. Puis elle est

imprégnée légèrement de vaseline ou de lanoline. Enfin, on lui fait subir un massage avec un tampon recouvert de minium.

Au point de vue radiographique, pour permettre la constance des résultats, nous utilisons le nouveau tube Coolidge à ailettes. Ce tube donne des images d'une très grande finesse. L'ampoule, d'autre part, doit être rigoureusement centrée. Les rayons sont de qualité 5 à 6 Benoit, c'est-à-dire peu pénétrants. Pour avoir cette qualité de rayonnement, nous n'utilisons que la moitié du transformateur industriel nouveau modèle, type Gallot. De cette façon nous avons un tube qui fonctionne avec un degré de rayonnement toujours le même. Grâce à lui nous évitons les ennuis des soupapes et ceux des interrupteurs.

On fait passer le rayon normal par le milieu de la base unguéale. Ce centrage est capital, car c'est la projection de la base de l'ongle sur la plaque qui deviendra le point d'établissement de tous les rapports possibles avec les détails du squelette, des surfaces articulaires et des sillons cutanés.

Dans nos recherches actuelles, nous n'avons étudié que la portion antérieure du pouce gauche. Les plaques de dimensions $4\frac{1}{2}\times 6$ sont les plaques ordinaires dites *radiographiques*. La distance constante anticathode-plaque est de 40^{cm}, ceci pour éviter les déformations dans les projections. L'intensité toujours la même est de 10 milliampères et le temps de pose 3 secondes. Le pouce est posé bien à plat, sur la plaque entourée de papier noir, contre la surface sensible. Pour ne pas déformer les lignes, le pouce doit être appliqué sans pression. Il doit rester immobile.

Par ce procédé radiographique on arrive donc à mettre en évidence sur le cliché, en plus de l'image du squelette, les plus fins détails de la structure des empreintes digitales. Par la présence d'un sel très opaque aux rayons X dans les rainures unguéales, les contours de l'ongle viennent également.

La superposition des ombres du squelette, des rainures unguéales, sur les détails de la peau ne nuit absolument en rien à la netteté et à la limpidité des images obtenues.

BIOLOGIE. — *Indices syphilimétriques. Détermination colorimétrique des écarts de stabilité.* Note de M. **Arthur Vernes**, présentée par M. Roux.

On a vu que le sérum syphilitique jouit d'une curieuse propriété qui permet de le distinguer d'un sérum normal, à la façon particulière dont il diminue la stabilité d'une suspension colloïdale spécialement appro-

priée (¹), diminution de stabilité qui peut êre indirectement mesurée en nuances d'hémolyse.

I. Pour enregistrer ces nuances d'hémolyse, il faut une échelle colorimétrique dont le tube le plus teinté fixe d'une manière constante la quantité de globules rouges à introduire dans chaque expérience.

Les teintes de mon échelle colorimétrique décroissent de 8 à 0 et le liquide 8, le plus teinté, est préparé de la façon suivante :

Fuchsine acide à 1 pour 1000 dans l'eau distillée			10^{cm^3}
Acide picrique à 1 pour 100 dans l'eau distillée			10^{cm^3}
Acide acétique cristallisable	4^{cm^3}	de ce mélange	110^{cm^3}
Formol à 40 pour 100	$2^{cm^3},5$		
Eau distillée, quantité suffisante pour	100^{cm^3}		

Les autres teintes de l'échelle sont obtenues par dilution du liquide 8 dans de l'eau acétique, suivant les proportions que voici :

Dilution du liquide 8.				Rapport des teneurs en colorant. Teintes.	Teneur du liquide.	Rapport.
				8	1	
						2
Liquide 8 dilué au $\frac{1}{2}$	(1+1)	donne liquide	7	7	$\frac{1}{2}$	
» $\frac{1}{3}$	(1+2)	»	6	6	$\frac{1}{2}\times\frac{2}{3}=\frac{1}{3}$	1,5
» $\frac{2}{9}$	(2+7)	»	5	5	$\frac{1}{3}\times\frac{2}{3}=\frac{2}{9}$	1,5
» $\frac{4}{27}$	(4+23)	»	4	4	$\frac{2}{9}\times\frac{2}{3}=\frac{4}{27}$	1,5
» $\frac{8}{81}$	(8+73)	»	3	3	$\frac{4}{27}\times\frac{2}{3}=\frac{8}{81}$	1,5
» $\frac{16}{243}$	(16+227)	»	2	2	$\frac{8}{81}\times\frac{2}{3}=\frac{16}{243}$	1,5
» $\frac{32}{729}$	(32+697)	»	1	1	$\frac{16}{243}\times\frac{2}{3}=\frac{32}{729}$	1,5
» $\frac{1}{65}$	(1+64)	»	0			

Ce qui revient à ajouter à une teinte moitié de son volume d'eau pour passer à la teinte au-dessous.

(¹) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 769, et t. 166, 1918, p. 575.

Les liquides 8, 7, 6, 5, etc., donnent les teintes 8, 7, 6, 5, etc., sous une épaisseur de 11^mm, 5, pratiquement dans nos tubes 13^mm × 60^mm de dimensions extérieures.

Les teintes ainsi obtenues se conservent longtemps en milieu acide, dans des tubes de *cristal* et à l'abri de la lumière.

Le liquide 0 doit être légèrement coloré, parce que les tubes de l'expérience contiennent du sérum.

Il est intéressant de constater, une fois l'échelle établie par tâtonnements, que les nuances choisies par l'œil, pour faire notre gamme de huit teintes, se trouvaient correspondre, à une légère correction près, à une graduation telle que le rapport entre deux teintes successives est constant et correspond, à partir de la teinte 7, aux rapports logarithmiques de leurs teneurs en particules colorantes.

II. Les nuances d'hémolyse obtenues dans ma réaction au péréthynol et au sérum de porc, suivant la quantité de globules rouges dissous, peuvent être représentées en chiffres par le numéro de teinte correspondant de l'échelle colorimétrique.

Toute l'expérience est réglée pour que le sérum humain normal donne la teinte 8, et pour que les plus petits écarts de stabilité dûs au sérum syphilitique se traduisent par un écart d'hémolyse vers le 0 (indices syphilimétriques).

On est arrivé à ce réglage par une longue étude comparée des symptômes cliniques, de la curieuse particularité des humeurs syphilitiques qui donne l'écart de stabilité, et la modification de cette particularité sous l'effet d'une médication spécifique intensive.

C'est en suivant le graphique des résultats obtenus au cours d'un nombre considérable de déterminations sérologiques et pour un nombre considérable de malades, qu'on a pu obtenir des repères dont voici les trois principaux :

1° Toute infection syphilitique s'accompagne d'une modification pathognomonique des humeurs qui trouble leur stabilité.

2° Cette modification pathognomonique peut disparaître sous l'influence d'un traitement arsenical, mais chaque fois que le traitement a été insuffisant, elle réapparaît du deuxième au cinquième mois, rarement du cinquième au septième.

3° Lorsque, à la suite d'un traitement arsenical, la disparition de cette modification pathognomonique reste consolidée pendant 8 mois à partir de la fin du traitement *et sous le contrôle d'une ponction lombaire normale*, jamais on n'a observé sa réapparition ultérieure.

Conclusion. — La détermination de ces repères (base de notre syphili-

métrie) découle d'une observation qui dépasse aujourd'hui 8 ans et d'après laquelle on a pu fixer d'une manière précise [1] les conditions physiques nécessaires d'une séroréaction qui permet de démasquer systématiquement toute syphilis ignorée et d'être prévenu avec sécurité, à la suite de n'importe quel traitement si le malade reste infecté.

BACTÉRIOLOGIE. — *La prophylaxie et le traitement de la grippe.* Note de MM. **Defressine** et **H. Violle**, présentée par M. Roux.

L'épidémie de grippe qui sévit actuellement à Toulon, et qui n'est qu'un prolongement de la grande pandémie d'influenza semblant atteindre l'Europe entière, est caractérisée par des complications exclusivement pleuro-pulmonaires et d'origine essentiellement pneumococcique. La grippe en elle-même, dont le virus reste encore ignoré, n'a causé aucun décès; ses complications ont déterminé par contre la mort dans 9 à 10 pour 100 des cas.

Nous nous sommes efforcés d'éviter, dans les hôpitaux affectés aux grippés, les complications pulmonaires parmi les malades, et la contagion parmi ceux qui les soignent.

Nous sommes arrivés à d'excellents résultats en ce qui concerne le premier point, grâce au sérum antipneumococcique, tel que nous l'ont très aimablement mis à notre disposition MM. Nicolle et Truche. Nous avons appliqué ce sérum à titre préventif et à titre curatif, de la façon suivante, et après vaccination antianaphylactique, suivant le procédé de Besredka.

a. A titre préventif : à tout entrant pour grippe, ne présentant aucune complication pulmonaire, on injecte sous la peau de la région antéro-externe de la cuisse 40^{cm^3} de sérum ;

b. A titre curatif : à tout malade atteint de grippe et présentant des complications pulmonaires, et ayant reçu ou non au préalable la dose préventive, on injecte dans les mêmes conditions 80^{cm^3} à 100^{cm^3} de sérum. Si les phénomènes ne s'amendent pas nettement dans les 24 à 36 heures, on réinjecte 60^{cm^3} à 80^{cm^3} de sérum.

Nous avons obtenu de remarquables résultats par cette méthode : préven-

[1] *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 383.

tivement on évite d'une façon presque absolue toutes complications; curativement on les fait régresser très rapidement, lorsqu'elles sont peu prononcées (noyaux de broncho-pneumonie, foyers de congestion pulmonaire, etc.); lorsque les lésions sont très avancées, on obtient encore de bons effets et souvent la guérison. D'une façon générale, ce qui est d'ailleurs un fait banal, les résultats sont d'autant meilleurs que le traitement est appliqué plus près du début de l'accès grippal.

Comme mesures préventives de la grippe, nous avons eu recours à deux méthodes :

1° *Vaccination.* — On injecte sous la peau de la région omo-vertébrale $1^{cm^3},5$, puis 4 jours plus tard 3 de sérum provenant de sujets atteints de grippe au début de leur affection, à la période d'acmé et en dehors de toutes complications. Le sérum chauffé, phéniqué, est vérifié au point de vue de son origine et de sa stérilité. On ne note aucune réaction locale ou générale à la suite de ces inoculations.

2° *Masque.* — Nous avons préconisé le port d'un masque fait d'un rectangle de gaze plié en quatre épaisseurs et maintenu à l'aide de cordelettes. Il protège le nez et la bouche contre l'introduction des particules virulentes projetées par le malade lors d'accès de toux, etc.

Ces deux procédés n'ont pas encore fait suffisamment leurs preuves; cependant aucune des personnes qui les ont appliqués n'a contracté la grippe. Comme ces mesures sont absolument inoffensives et très faciles à mettre en pratique, nous nous permettons de les faire connaître, afin, en ce qui concerne tout au moins la seconde, de diminuer le pourcentage de la contagion et de ses suites parmi les personnes soignant les grippés.

A 15 heures trois quarts l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 16 heures et demie.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 OCTOBRE 1918.

PRÉSIDENCE DE M. P. PAINLEVÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE DES SEMI-FLUIDES. — *Théorie du poinçonnage et de l'écoulement des blocs plastiques : phase élastique de ces phénomènes.* Note [1] de M. J. **Boussinesq**.

I. J'ai démontré, dans quatre Notes récentes de nos *Comptes rendus* (t. 167, 29 juillet, 5, 12 et 19 août 1918, p. 186, 221, 253, 285), les formules de Tresca sur le poinçonnage et l'écoulement des blocs plastiques, en rectifiant même ou, du moins, rationalisant les deux dernières, relatives ou au poinçonnage, ou à l'écoulement par un orifice inférieur, des blocs munis d'une ceinture rigide. Mais il y a lieu de reprendre les raisonnements et les calculs de ces Notes, pour y étudier une phase préalable des phénomènes restée dans l'ombre, savoir, la phase *élastique* s'y produisant, sous la forme d'un grand nombre d'états d'équilibre successifs, avant que les pressions par unité d'aire, $-N_z$ ou P_z, du *poinçon* ou du *piston* moteurs, à axe vertical pris comme axe des z, aient atteint les fortes valeurs qui amènent l'état plastique du bloc.

II. Dans cette phase préalable, les *pressions* (ou plutôt *tractions*) *principales* N_r, N_z, N_ω, suivant le rayon horizontal r émané de l'axe, suivant cet axe même Oz, et sur le plan méridien qui contient r et Oz, sont données par la formule, $-p + 2\mu\partial$, des forces élastiques principales dans un solide

(1) Séance du 30 septembre 1918.

isotrope *beaucoup plus déformable que compressible*, formule où p désigne la *pression moyenne*, μ (de Lamé) le *coefficient de rigidité*, et ∂ la dilatation élastique principale suivant le sens de la traction considérée. On aura donc, dans la *partie annulaire* du bloc, comprise depuis le rayon $r = R_0$ ou du poinçon, ou de l'orifice inférieur (quand il y en a un), jusqu'au rayon $r = R_1$ du bloc lui-même et (s'il y a écoulement) du piston moteur,

$$(1)\qquad (N_r, N_\omega, N_z) = -p + 2\mu\left(\frac{d\delta}{dr}, \frac{\delta}{r}, \partial'\right),$$

si ∂' y désigne la dilatation élastique des fibres verticales, *censée indépendante de la distance r à l'axe*, et δ la composante horizontale (fonction de r) des petits déplacements élastiques.

Le principe de conservation des volumes matériels fait connaître, pour cette petite composante horizontale δ des déplacements élastiques de la partie annulaire, les deux formules respectives

$$(2)\qquad \delta = \left(\partial_0 + \frac{\partial'}{2}\right)\frac{R_0^2}{r} - \frac{\partial'}{2}r, \qquad \delta = \frac{\partial'}{2}\left(\frac{R_1^2}{r} - r\right),$$

où ∂_0 exprime la dilatation linéaire du rayon R_0 du *cylindre central*, cylindre qui est la partie du bloc placée *directement* sous le poinçon ou sur l'orifice inférieur, et qui est censée *uniformément* dilatée ou contractée suivant les sens horizontaux, mais, par suite, *deux fois plus contractée ou dilatée verticalement*. La première de ces formules est générale et s'emploiera pour les blocs à surface latérale libre; la seconde, donnant $\delta = 0$ pour $r = R_1$, est spéciale aux blocs munis d'une ceinture rigide et où il n'y a de libre, quand on les poinçonne, que la face supérieure $\pi(R_1^2 - R_0^2)$ de la partie annulaire.

On admet donc ici, comme lorsqu'il s'agissait des états plastiques, la conservation, dans *chaque* partie centrale ou annulaire, de l'*horizontalité* des couches (avec *verticalité* des fibres), conservation entraînant encore l'existence de l'*unique* pression normale P_0, à la face concave $2\pi R_0 H$ de la partie annulaire, et d'un déplacement $\delta_0 = \partial_0 R_0$ *commun de part et d'autre suivant le sens horizontal*, mais non suivant le sens vertical.

Nous appellerons enfin $2k$ la différence, $P_z - P_0$, des deux pressions (proprement dites) *verticale et horizontale*, dans le cylindre central, différence qui, d'après la formule $(-p + 2\mu\partial)$ des forces élastiques principales, y vaudra le produit de 2μ par l'excédent de la *contraction* $2\partial_0$ des fibres verticales sur la *contraction linéaire* $(-\partial_0)$ des couches horizontales.

Il viendra donc

$$k = 3\mu\partial_0. \tag{3}$$

III. Cela posé, étudions d'abord le cas du bloc poinçonné à surface latérale libre et considérons-y la partie *annulaire*.

D'après la formule (1) de N_z, la condition $N_z = 0$, ici vérifiable complètement, fera p égal à $2\mu\partial'$; ce qui, par l'élimination de p et la substitution à δ de la première expression (2), changera les formules (1) de N_r et de N_ω en celles-ci :

$$N_r = -\mu\left[(2\partial_0 + \partial')\frac{R_0^2}{r^2} + 3\partial'\right], \qquad N_\omega = \mu\left[(2\partial_0 + \partial')\frac{R_0^2}{r^2} - 3\partial'\right]. \tag{4}$$

L'équation indéfinie de l'équilibre, portant le n° 1 à ma Note du 29 juillet (p. 189) et qui est

$$\frac{dN_r}{dr} = \frac{N_\omega - N_r}{r}, \tag{5}$$

se trouve identiquement satisfaite. Enfin, la condition de liberté de la surface latérale, $N_r = 0$ (pour $r = R_1$), déterminant ∂', il vient

$$\left\{\begin{aligned} &\partial' = -\frac{2\partial_0 R_0^2}{R_0^2 + 3R_1^2}, \qquad \delta = \frac{\partial_0 R_0^2}{R_0^2 + 3R_1^2}\left(3\frac{R_1^2}{r} + r\right), \\ &-N_r = \frac{6\mu\partial_0 R_0^2}{R_0^2 + 3R_1^2}\left(\frac{R_1^2}{r^2} - 1\right), \qquad N_\omega - N_r = \frac{12\mu\partial_0 R_0^2 R_1^2}{(R_0^2 + 3R_1^2)r^2}. \end{aligned}\right. \tag{6}$$

IV. La pression P_0 du cylindre central, sur la face concave $2\pi R_0 H$ de la partie annulaire, n'est autre chose que $-N_r$ à la limite $r = R_0$. La troisième formule (6) donnera donc, pour relier cet *effort* P_0 *d'expansion latérale du cylindre central* à la force tangentielle maximum $k = 3\mu\partial_0$ s'exerçant dans tout son intérieur, la proportion simple

$$\frac{P_0}{k} = \frac{2(R_1^2 - R_0^2)}{R_0^2 + 3R_1^2} = \frac{2\nu'}{4 + 3\nu'}. \tag{7}$$

Pour abréger, j'ai désigné par $1 + \nu'$ le rapport de R_1^2 à R_0^2, racine carrée de celui qui est appelé $1 + \nu$ à la fin de ma Note du 29 juillet 1918 (p. 192).

A l'état plastique, le rapport analogue de P_0 à K, résultant de l'annulation de N_r pour $r = R_1$ dans l'équation (2) de la même Note, est

$$\frac{P_0}{K} = 2\log\frac{R_1}{R_0} = \log(1 + \nu'). \tag{8}$$

Or celui-ci excède le double du précédent (7); car on a

$$\log(1+\nu') - \frac{4\nu'}{4+3\nu'} > 0,$$

inégalité à premier membre nul avec ν', mais dont la dérivée, $\frac{\nu'(8+9\nu')}{(1+\nu')(4+3\nu')^2}$, est ici positive comme ν'.

Considérons l'instant précis où k devient K par le passage du cylindre central à l'état plastique. A ce moment, les rapports (7) ne sont donc pas encore la moitié des rapports (8). Et l'on peut dire que *le passage ultérieur à l'état plastique de la partie annulaire fera plus que doubler l'effort* P_0 *d'expansion latérale exercé sur elle par le cylindre central.*

V. On procédera exactement de même, à partir de la seconde expression (2) de δ, si le bloc poinçonné est muni d'une ceinture rigide, en se souvenant, pour déterminer finalement ∂', que $\delta = \partial_0 R_0$ à la limite $r = R_0$. Au lieu des proportions (7) et (8), on trouvera

$$(9) \qquad \frac{P_0}{k} = \frac{2}{3}\frac{4+\nu'}{\nu'}, \qquad \frac{P_0}{K} = \frac{\nu'+1}{\nu'}\left[\frac{3}{4}\frac{(\nu'+1)^2-2}{(\nu'+1)^2} + \log(\nu'+1)\right],$$

formules dont la seconde suppose $\nu'+1$ au moins égal à 3 et se déduit de l'équation (12) de ma Note du 19 août ([1]) en prenant $-\frac{3}{8}$ comme valeur *un peu arrondie* de $\log\frac{\sqrt{3}}{2\sqrt[3]{2}} = -0,37488$.

A la limite $\nu'+1 = 3$ ou $\nu' = 2$, ces rapports sont respectivement 2 et 2,523. Mais, à mesure que ν' grandit, les premiers diminuent et les seconds augmentent, *en faisant ainsi croître la grandeur relative de l'effort* P_0 *d'expansion dû à l'établissement de l'état plastique dans la partie annulaire.*

Lorsque ν' est inférieur à 2, ou R_0 plus grand que $0,5773\,R_1$, la seconde relation (9) fait place à une autre, déduite de la formule (14 *bis*) de la même Note du 19 août (p. 289),

$$(10) \qquad \frac{P_0}{K} = 2 + \frac{4}{3}\frac{\nu'+1}{\nu'}\log\frac{(\nu'+4)^2}{16\sqrt{\nu'+1}}.$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 287.

Celle-ci, donnant encore des rapports de P_0 à K croissants avec ν', ou variables en sens inverse de ceux qu'exprime la première (9), rend *le* P_0 *élastique* (pour $k = K$) *égal au* P_0 *plastique*, et à $2,4058\,K$, quand

$$\nu' = 1,5333 \quad \text{et} \quad R_0 = 0,6283\,R_1.$$

Dès lors, *pour les poinçons relativement plus larges* (couvrant près ou plus des $\frac{2}{5}$ du bloc), *le* P_0 *élastique devient le plus grand; et la résistance à l'écrasement semble devoir être abaissée par le passage à l'état plastique de la partie annulaire* [1].

VI. Arrivons enfin au problème de l'écoulement du bloc, par l'orifice central πR_0^2 ouvert dans le plateau support, sous la pression du piston à base πR_1^2, entouré de la ceinture rigide et y glissant sans frottement de haut en bas.

Ici, la pression verticale $-N_z$ ou P_z n'est plus nulle sous la partie annulaire $\pi(R_1^2 - R_0^2)$ de la base du piston, mais l'est sous la partie centrale, ou sur l'orifice πR_0^2; en sorte que l'annulation, dans le cylindre central, de P_z ou $-N_z$, y réduit à $-P_0$ la différence $P_z - P_0 = 2k = 6\mu\partial_0$, et que P_0 y devient *pression principale unique*, avec la valeur $3\mu(-\partial_0)$.

La formule (1) de N_z ne donnera donc plus, *dans la partie annulaire du bloc*, $p = 2\mu\partial'$, mais

$$p = 2\mu\partial' - N_z = 2\mu\partial' + P_z.$$

Et les deux autres formules (1) deviendront

$$(11) \qquad -N_r = \mu\partial'\left(\frac{R_1^2}{r^2} + 3\right) + P_z, \qquad N_\omega = \mu\partial'\left(\frac{R_1^2}{r^2} - 3\right) - P_z,$$

valeurs qui, portées dans l'équation indéfinie (5) de l'équilibre, astreindront la pression P_z du piston, par unité d'aire, à être indépendante de r ou *uniforme*, bref, à avoir partout la même valeur qu'à la limite $r = R_0$ où $-N_r = P_0 = 6\mu(-\partial_0)$. Et comme, d'ailleurs, dans la seconde équation (2), $\delta = \partial_0 R_0$ pour $r = R_0$ (ce qui relie à la contraction verticale $-\partial'$, qui sera directement connue, celle $-\partial_0$, du rayon R_0 du cylindre central, que nous préférons garder comme figurant dans $k = 3\mu\partial_0$), la première

[1] Il faudrait toutefois, avant de conclure d'une manière ferme, pouvoir s'assurer, au point de vue du non-dépassement des limites d'élasticité, que les formules (1) de N_r, N_ω, N_z y restent bien applicables.

relation (11) donnera finalement, pour la poussée du piston par unité de son aire *active* $\pi(R_1^2 - R_0^2)$,

$$(12) \qquad P_z = \frac{8\mu(-\partial_0)R_1^2}{R_1^2 - R_0^2}; \qquad \text{d'où} \qquad \frac{P_z}{\sqrt{k^2}} = \frac{8}{3}\frac{R_1^2}{R_1^2 - R_0^2} = \frac{8}{3}\frac{\nu'+1}{\nu'}:$$

$\sqrt{k^2}$ signifie ici la valeur absolue de k, c'est-à-dire le produit positif $3\mu(-\partial_0)$.

Les rapports

$$(13) \qquad \frac{P_z - 2\sqrt{k^2}}{\sqrt{k^2}} \quad \text{et} \quad \frac{\text{moyenne } P_z - 2K}{K}$$

joueront maintenant le rôle qu'avaient $\frac{P_0}{k}$ et $\frac{P_0}{K}$ dans la question du poinçonnage : ils seront exprimés par les seconds membres des formules (9), (10) et comporteront, par suite, les conclusions énoncées au n° V comme dérivant de ces formules. Cela résulte, pour l'état plastique, des équations (15) et (16) de la Note citée du 19 août 1918 (p. 289).

BOTANIQUE. — *Classification des Dicotylédones. Anthogones.* Note [1] de M. Paul Vuillemin.

Les Anthogones ont des attaches multiples avec les groupes inférieurs de Dicotylédones. Des familles, directement issues des Acrogones et même des Amphigones, n'ont entre elles qu'une parenté collatérale. On ne peut apprécier leurs affinités sans descendre aux bases des séries dont elles dépendent.

Ainsi les Cucurbitacées sont un appendice des Cytinales, peu différent des Aristoloches et des Bégonias dont l'albumen est inconstant et dont les étamines se pétalisent dans les fleurs pleines. Les Nymphéacées prolongent les Hydnoracées; leur parenté avec les Nélumbiacées ressort moins des ressemblances extérieures que de l'affinité des Chloranthinées, dont proviennent ces dernières, avec les Pipérinées, souche des Hydnoracées et des Nymphéacées. Les Caryophyllées continuent les Illécébrinées; les Cistacées n'offrent pas de différence plus importante avec les Polygoninées que la substitution de pétales aux étamines alternisépales. Les Frankéniacées (incl. Réaumuriées), les Plumbaginacées, se détachent de divers niveaux

---

[1] Séance du 23 septembre 1918.

des Polygonales. D'autres branches, émigrées dans le domaine des Anthogones, ont évolué assez puissamment pour constituer des ordres, des classes indépendantes.

Les Bixales ont des rapports avec les Polygonales et les Sterculiales. Nous y distinguons trois ordres : Bixinées, Ericinées, Erythroxylinées. Les Bixinées forment le tronc principal avec les Canellacées, Bixacées, Droséracées, Sarracéniacées, Marcgraviacées, Parnassiacées (incl. Francoées, Bréxiées), Sauvagésiées, Violacées, Papavéracées, Fumariacées. Les Ericinées débutent par les Pirolacées, assez proches des Parnassiées dont elles ont les anthères extrorses; on y trouve les Ericacées, les Epacridées, les Empétracées. Les Erythroxylinées comprennent les Erythroxylacées, Linacées, Oxalidées, Sarcolénées, Humiriées.

Les Malvacées continuent certainement les Sterculiacées, à côté d'un groupe de plantes apocarpes couronnant le tronc des Sterculiales. Les affinités signalées entre les Bixacées et les Malvacées indiquent leur commune origine au voisinage des Myricinées, vers le nœud qui unit les Sterculiales aux précurseurs des Polygonales. La principale différence porte sur l'ovaire, uniloculaire chez les Bixinées et les Polygonales, pluriloculaire chez les Malvinées (Malvacées, Tiliacées, Ternstrœmiacées), mais à carpelles parfois disjoints, rappelant, notamment dans la famille des Malvacées, l'apocarpie des Sterculiales. L'ovule est anatrope et, dans le cas où le sens de la courbure est précisé, épinaste comme chez les Papavéracées. Les anthères, extrorses chez les Malvacées et les Tiliacées, sont introrses chez les Ternstrœmiacées, sauf dans les genres inférieurs *Actinidia*, *Camellia*. N'était la centralisation du pistil, le *Camellia* ne se séparerait pas des *Calycanthus*, dont il a la fleur désordonnée, l'androcée, la graine exalbuminée. Il révèle une étroite connexion entre les Malvinées et les Magnolinées, qui constituent ensemble la classe des Magnoliales.

Les Magnolinées réunissent la majeure partie des Anthogones Apocarpes (Aphanocycliques ou Polycarpiques des auteurs). L'ordre comprend trois branches : la première, continuant les Sterculiacées, est formée des Calycanthacées, Monimiacées, Renonculacées; la seconde, continuant les Lardizabalées, embrasse les Berbéridacées, Lauracées, Pachygonacées, Ménispermacées; la troisième (Annonacées, Magnoliacées) continue les Myristicacées.

Les Connarales sont une autre classe d'Apocarpes, ayant des affinités avec les Sterculiales et les Polygonales. L'ovule est droit chez les Connaracées, anatrope chez les Crassulacées, épinaste et unique chez les Coriariées

DICOTYLÉDONES

AMPHIGONES		ACROGONES		ANTHOGONES		
CLASSE	ORDRES	CLASSES	ORDRES	CLASSES	ORDRES	FAMILLES
Amentales	Pipérinées	Cytinales (Hydnoracées)				Cucurbitacées
						Nymphéacées
	Chloranthinées					Nélumbiacées
				Connarales		
		Sterculiales		Magnoliales	Magnolinées	Renonculacées
					Malvinées	
					Bixinées	
				Bixales	Érythroxylinées	
					Éricinées	
			Polygoninées			Cistacées
						Plumbaginacées
		Polygonales			Plumbagininées	
						Frankéniacées
	Myricinées		Illécébrinées			Caryophyllées
				Rhamnales	Rhamninées	
				Anacardiales	Térébinthinées	
				Araliales	Aralinées	Ombellifères
					Astérinées	Composées
						Rubiacées
				Asterales		
					Rubiinées	Oléacées
					Sambucinées	Cornacées
						Asclépiadées
					Asclépiadinées	
						Boraginacées
					Sapotinées	
				Solanales	Solaninées	
						Gentianacées
					Gesnérinées	Scrophulariacées
						Labiées
					Samydinées	
				Myrtales	Myrtinées	
					Œnothérinées	
						Crucifères
					Capparidinées	
						Moringacées
						Légumineuses
					Rosinées	Rosacées
		Urticales		Rosales		
						Géraniacées
	Juglandinées					Célastracées
					Célastrinées	
	Salicinées					Sapindacées
	Casuarinées					
	Cupulifères					

(incl. Limnanthées), hyponaste chez les Dilléniacées, qui se rapprochent des Connaracées par l'arille également connu chez les Sterculiacées (*Lasiopetalum*), des Phytolaccacées, notamment par la structure de la tige.

La classe des Rosales, dérivée des Urticales, se compose de trois ordres. Les Capparidinées comprennent deux grandes séries : 1° Capparidacées, Malpighiacées, Vochysiacées, Résédacées, Crucifères, Tropæolacées, Trigoniacées; 2° Moringacées, Passifloracées, Turnéracées, Stackhousiacées. Dans les Rosinées nous distinguons : 1° Rosacées, Légumineuses, Kramériacées, Polygalacées; 2° Géraniacées, Balsaminées, Zygophyllacées. Les séries de Célastrinées sont : 1° Célastracées, Staphyléacées, Mélianthacées, Sapindacées, Ilicacées; 2° Luxemburgiées, Ochnacées.

Plusieurs classes d'Anthogones dérivent directement des Amentales : Les Rhamnales forment un seul ordre, Rhamninées, débutant par les Gunnéracées (incl. *Mittellopsis*) issues des Garryacées (Myricinées), se continuant par les Vitacées, Rhamnacées; les étamines y sont épipétales. Les Anacardiales (ordre des Térébinthinées) avec les Anacardiacées ou Térébinthacées, les Simarubacées, les Rutacées, les Clusiacées, sont reliées aux Chloranthinées par le *Liquidambar*. La chalazogamie atteste en outre une affinité avec des Amphigones syncarpes uniloculaires (Juglandinées) ou pluriloculaires (Casuarinées).

Les Araliales issues des Juglandinées comprennent un seul ordre : Aralinées (Araliacées, Ombellifères).

Les Asterales ou Gamopétales inférovariées sont divisées en trois ordres : Astérinées, partant du tronc commun aux Myricinées et aux Juglandinées (Composées, Lobéliacées, Campanulacées, Valérianacées); Rubiinées (Rubiacées, Salvadorées, Jasminacées, Oléacées, Cornacées); Sambucinées (Sambucacées, Lonicéracées, Dipsacées, Calycéracées).

Les Solanales renferment la majorité des Gamopétales supérovariées. Les Asclépiadinées, provenant des Sambucinées, contiennent deux séries : 1° Asclépiadées, Apocynées; 2° Hydrophyllacées, Hydroléacées, Boraginacées. L'ordre des Sapotinées comprend les Sapotacées et les Convolvulacées. Aux Solaninées appartiennent les Loganiacées, Polémoniacées, Nolanées, Solanées. L'ordre des Gesnérinées se compose de trois séries débutant avec des ovaires uniloculaires : 1° Gentianacées; 2° Gesnéracées, Scrophulariacées, Sélaginacées, Plantaginacées ; 3° Utriculariacées, Bignoniacées, Acanthacées, Verbénacées, Labiées.

Les Myrtales partent du tronc commun aux classes précédentes, avec lesquelles elles ont une parenté collatérale. Rarement gamopétales ou unilo-

culaires, elles ont souvent des nodules sécréteurs, l'ovaire infère, l'androcée très variable. Le premier ordre, Samydinées, comprend les Samydacées, Styracées, Méliacées (incl. *Leea*), Myrsinacées, Primulacées, Ebénacées; le second ordre, Myrtinées, comprend les Hypéricacées, Lythracées, Myrtacées, Lécythidacées, Mélastomacées, Punicacées, Cactacées, Ribésiacées, Loasacées; le troisième ordre, Œnothérinées, comprend les Œnothéracées, Halorагées, Saxifragacées, Rhizophoracées, Anisophyllées, Combrétacées.

Le Tableau ci-joint indique l'enchaînement des classes et des ordres de Dicotylédones, répartis entre les Amphigones, les Acrogones et les Anthogones. La dernière colonne mentionne des familles notoires, d'autres servant de type à des séries de chaque ordre d'Anthogones ou prolongeant des catégories d'Haplogones.

ZOOLOGIE. — *Sur la place des Chéloniens dans la classification.* Note ([1]) de M. G.-A. BOULENGER.

Tous ceux qui, dans ces dernières années, se sont occupés de la phylogénie des Vertébrés ont été d'accord pour considérer le crâne des Batraciens Stégocéphales comme le type primitif dont celui des Batraciens proprement dits et celui des Reptiles ont été dérivés, une des principales modifications qui s'est produite au cours de l'évolution étant la suppression graduelle de diverses pièces de la voûte crânienne, pour comprendre les homologies desquelles nous devons remonter aux Poissons Crossoptérygiens.

Si l'on se bornait à considérer l'ensemble de cette voûte sans s'occuper des détails, on pourrait dire que certains Batraciens Anoures sont aussi stégocéphales, et il y a en effet une certaine ressemblance entre le crâne d'un *Branchiosaurus amblystomus* Credner et celui d'un *Pelobates cultripes* Cuvier. Il n'est pourtant venu à l'idée de personne de suggérer un rapport quelconque entre ces deux types; la stégocéphalie du Pélobate est évidemment secondaire; on n'a, pour s'en convaincre, qu'à comparer les éléments dont il se compose, et l'espèce *Pelobates fuscus* Laur. est d'ailleurs là pour nous montrer par quelle étape ce résultat a été atteint.

Le crâne de beaucoup de Chéloniens, appartenant aux groupes les plus divers, forme aussi une voûte temporale complète, que j'ai toujours consi-

([1]) Séance du 30 septembre 1918.

dérée également comme secondaire. Cependant, deux paléontologistes des plus distingués, D.-M.-S. Watson (1) et S.-W. Williston (2) tout récemment, ont soutenu l'opinion de G. Baur (3) et de O.-P. Hay (4) que ce type de crâne est le plus primitif et ils pensent même pouvoir le dériver de celui des Reptiles Cotylosauriens, qui se rattachent si clairement aux Stégocéphaliens qu'on est en droit de les en considérer comme les descendants directs.

Les Chéloniens s'écartent beaucoup, par suite de leur extrême spécialisation, vraiment unique, des Rhynchocéphaliens proprement dits, dont *Sphenodon* est le représentant bien connu, qui diffèrent considérablement, par la réduction des éléments du crâne, des Reptiles les plus primitifs. Un crâne semblable à celui de *Sphenodon* me semble pourtant offrir les conditions requises pour en dériver celui des Chéloniens. Seulement, chez ceux-ci, nous ne trouvons jamais à la fois, si ce n'est secondairement (*Baëna*, *Chelone*, *Dermochelys*), les arcades sur-, sub- et post-temporales. Les deux premières, sans être séparées l'une de l'autre par une ouverture, sont représentées chez le Cryptodère le plus généralisé : *Chelydra* (post-frontal relié au squamosal, jugal relié au quadratojugal); la troisième ne se rencontre, à l'état primaire, que chez certains Pleurodères, *Hydraspis* par exemple (pariétal relié au squamosal, tout comme chez *Sphenodon*). Il est inutile de se reporter aux formes fossiles connues, dont les crânes sont toujours à l'état de raretés, car elles n'offrent aucun éclaircissement à ce sujet.

Si nous comparons entre eux les genres voisins dont la voûte crânienne s'est étendue (5), par exemple *Chelydra* à *Macroclemmys* ou *Hydraspis* à *Emydura* et *Elseya*, nous constatons que, sous les autres rapports, les premiers sont plus généralisés que les seconds : plaques marginales supplémentaires chez *Macroclemmys*, suppression des éléments neuraux de la carapace chez *Emydura* et *Elseya*. On arrive à la même conclusion en comparant les Pleurodères *Sternothœrus* et *Podocnemis*, l'extension de la voûte crânienne chez le second étant associée à la réduction de la pièce supplémentaire du plastron, réduction dont la signification n'a jamais été

(1) *Proc. Zool. Soc. Lond.*, 1914, p. 1011.
(2) *Journ. of Geol.*, t. 25, 1917, p. 419.
(3) *Journ. of Morphol.*, t. 3, 1889, p. 472.
(4) *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, t. 21, 1905, p. 150.
(5) Consulter les figures dans mon *Catalogue of Chelonians* (*Brit. Mus.*, 1889).

contestée. D'autres genres à région temporale complètement couverte, tels que les Chélonées ou Tortues marines, sont, on en convient généralement, des formes hautement évoluées; on peut facilement les rattacher, en ce qui concerne la dérivation du crâne, à un type tel que nous présente *Chelydra*. Je ne vois donc rien, parmi les Chéloniens vivants, qui puisse indiquer que les formes à voûte crânienne seraient les plus primitives; au contraire, l'inverse me paraît évident.

Essayons cependant de dériver la voûte temporale des Chéloniens de celle des Cotylosauriens. Chez les plus généralisés parmi ceux-ci, cette voûte est formée en partie par un certain nombre d'éléments (post-orbitaire, sur-temporal, post-pariétal, post-temporal) qui n'existent chez aucun Chélonien; mais il y en a d'autres chez lesquels les deux derniers éléments ont disparu graduellement à l'arrière du crâne, tandis que les deux premiers, enclavés qu'ils sont, ont dû probablement se fusionner avec leurs voisins le post-frontal et le squamosal. Mais alors, on devrait pouvoir reconnaître cette fusion à la forme ou à l'étendue de ces éléments; c'est ce que nous constatons d'ailleurs dans le cas de *Labidosaurus* Cope ([1]), dont le sur-temporal a disparu, mais dont le squamosal est par contre démesurément grand, tandis que l'étendue du pariétal n'a pas changé. Or, chez les Chéloniens, quel que soit le développement de la voûte, le squamosal est resté relativement petit, comme chez *Sphenodon;* la même tendance se reconnaît chez tous, la voûte temporale a été formée uniquement par l'extension des pariétaux, ce qui indique qu'elle ne dérive point du type Cotylosaurien, dont les modifications de l'arrière du crâne selon les genres ont été diverses sans jamais se rapprocher de ce qui est caractéristique des Chéloniens.

Jusque tout récemment, on semblait d'accord pour dériver le plastron des Chéloniens des ossifications ventrales, transformées en « côtes abdominales », des Batraciens et Reptiles primitifs, qui se seraient unies aux clavicules et à l'interclavicule, qu'elles ne recouvrent jamais comme le font les ossifications dermiques de certains Crocodiliens et Lacertiliens, et même de *Dermochelys* parmi les Chéloniens. Le fait que ce plastron primitif manque ou n'existe qu'à l'état de vestige chez tous les Cotylosauriens connus, comme je l'ai dit dans une Note récente ([2]), me semble s'opposer à la théorie que je repousse en ce qui concerne le crâne, et il en est de même

([1]) WILLISTON, *Journ. of Geol.*, t. 25, 1917, p. 456.
([2]) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 456.

de la tendance à la direction postérieure du bassin qui dans ce groupe est à l'inverse de celle qui caractérise les Chéloniens, ainsi que les Rhynchocéphaliens proprement dits, les Plésiosauriens et les Lacertiliens.

Watson (1) cependant est disposé à rejeter cette interprétation et il suggère une comparaison des pièces du plastron des Chéloniens, autres que les clavicules et l'interclavicule, pièces dont le nombre varie de cinq (*Protochersis* E. Fraas, du Trias) à trois paires, aux ossifications dermiques ventrales des Crocodiliens. L'argument qu'il invoque pour mettre en doute l'homologie admise par ses devanciers est tiré de ce que les os du plastron sont pairs, tandis qu'il y a généralement une pièce impaire et médiane à chaque segment du système des côtes abdominales chez les Rynchocéphaliens : argument qui ne me semble avoir aucune valeur par le fait que pareille réduction s'est produite pour la dossière de bien des Chéloniens (disparition des plaques neurales) et que l'interclavicule elle-même a été supprimée chez les Cinosternides.

Il n'est pas jusqu'au caractère du cinquième métatarsien, réduit et courbé, qui ne s'explique que par rapport aux Rhynchocéphaliens. Ce caractère, dont j'ai été le premier à faire usage pour définir les *Rhynchocephalia vera* (2), a même servi de base à une classification des Reptiles; c'était certes en exagérer l'importance, mais je n'en suis pas moins d'accord avec Goodrich (3) sur sa portée en ce qui concerne l'origine des Chéloniens.

En 1903, Osborn (4) avait proposé de rapprocher les Chéloniens des Théromores en s'appuyant sur le nombre réduit des phalanges (à l'exception des Trionyx). Williston, cité plus haut, a fait justice de cet argument et je partage entièrement son opinion sur ce point.

Il y a 30 ans, j'étais d'avis que les Rhynchocéphaliens représentent le type le plus généralisé de tous les Reptiles vivants; qu'ils se rapprochent à beaucoup d'égards des Batraciens stégocéphales; et qu'il se peut que les ancêtres des Chéloniens, des Plésiosauriens et des Lacertiliens faisaient partie de cet ordre. C'est encore mon avis aujourd'hui, en attendant que de nouvelles découvertes paléontologiques viennent fournir les éclaircissements nécessaires. En tout cas je ne puis me rallier à l'opinion de

(1) *Proc. zool. Soc. Lond.*, 1914, p. 1013.
(2) *Ann. and Mag. Nat. Hist.*, série 6, t. 11, 1893, p. 209.
(3) *Proc. Roy. Soc. Lond.*, série B, t. 89, 1916, p. 261.
(4) *Mem. Amer. Mus. Nat. Hist.*, t. 1, 1903, p. 451.

Watson (¹) en ce qui concerne le genre *Eunotosaurus* Seeley, pour lui probablement un ancêtre des Chéloniens, mais dont le spécimen figuré, que j'ai pu examiner, me semble loin de justifier ses conclusions; je préfère donc m'en tenir provisoirement aux vues exprimées par Seeley (²) au sujet de ses affinités avec les Mésosauriens.

PLIS CACHETÉS.

M. L. Puget demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 23 septembre 1918 et inscrit sous le n° 8574.

Ce pli est ouvert en séance par M. le Président. Il contient une lettre qui est renvoyée à la Commission de Balistique.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le tome II de l'ouvrage écrit en français par E.-C. Abendanon : *Voyages géologiques et géographiques à travers la Célèbes centrale*. (Hommage de la Société Royale de Géographie des Pays-Bas, à Amsterdam). (Présenté par M. H. Douvillé.)

M. Amédée Laronde adresse des remercîments à l'Académie pour la distinction accordée à ses travaux.

(¹) *Loc. cit.* Watson va même jusqu'à placer les *Eunotosauria* comme division ordinale des *Chelonia* dans sa classification de 1917.

(²) *Quart. Journ. Geol. Soc. Lond.*, t. 48, 1892, p. 583.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes d'équations aux dérivées partielles vérifiés par les polynomes hypersphériques.* Note de M. J. **Kampé de Fériet**, présentée par M. P. Appell.

Les Notes publiées récemment par M. P. Appell (1), sur les systèmes d'équations aux dérivées partielles des fonctions hypergéométriques de plusieurs variables, ont à nouveau attiré mon attention sur l'un des plus remarquables d'entre eux : *le système de n équations linéaires aux dérivées partielles du second ordre, qui appartient aux polynomes hypersphériques, zonaux* $V_{m_1,\ldots,m_n}(x_1,\ldots,x_n)$.

Dans ma Thèse (2), voulant établir ce système en évitant les calculs un peu laborieux de Didon (3) (qui, le premier, en a rencontré un cas particulier), je me suis servi du fait que $V_{m_1,\ldots,m_n}$ a pour expression

$$x_1^{m_1}\ldots x_n^{m_n} F_B\left(-\frac{m_1}{2},\ldots,-\frac{m_n}{2},\frac{1-m_1}{2},\ldots,\frac{1-m_n}{2},-\frac{n}{2}-\mu+1,\frac{1}{x_1^2},\ldots,\frac{1}{x_n^2}\right),$$

F_B étant une des fonctions hypergéométriques de M. Lauricella (4).

Cette voie, qui exige, au préalable, la formation de l'expression générale des $V_{m_1,\ldots,m_n}$ et la connaissance du système d'équations de la fonction F_B, est encore bien détournée ; je me propose de montrer comment on parvient au même résultat, par une méthode intuitive, *tirée directement de la définition de* $V_{m_1,\ldots,m_n}$.

Ces polynomes hypersphériques s'introduisent, en effet, de la manière suivante : considérons un espace à $(n+2)$ dimensions, où un point a pour coordonnées cartésiennes rectangulaires $z_1, \ldots, z_{n+2}$, et posons

$$r^2 = z_1^2 + \ldots + z_n + \rho^2, \qquad \rho^2 = z_{n+1}^2 + z_{n+2}^2;$$

---

(1) P. Appell, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 309 et 408.

(2) *Sur les fonctions hypersphériques* (*Thèse*, Paris, 1915, p. 36; Gauthier-Villars).

(3) F. Didon, *Étude de certaines fonctions analogues aux fonctions* X_n *de Legendre* (*Ann. scient. de l'École Normale sup.*, 1re série, t. 5, 1868, p. 249). Pour les généralités, voir l'article de P. Appell et A. Lambert dans l'édition française de l'*Encyclopédie des Sciences mathématiques*, t. 2, vol. 5, fasc. 2.

(4) G. Lauricella, *Sulle funzioni ipergeometriche a piu variabili* (*Rend. del Circolo Matematico di Palermo*, t. 7, 1893, p. 111).

la fonction

(1) $$W(z_1, \ldots, z_n, \rho) = \frac{(-1)^\mu}{m_1! \ldots m_n!} \frac{\partial^\mu}{\partial z_1^{m_1} \ldots \partial z_n^{m_n}} \left(\frac{1}{r^n}\right) \qquad (\mu = m_1 + \ldots + m_n)$$

est une solution de l'équation de Laplace :

$$\Delta^2 W \equiv \frac{\partial^2 W}{\partial z_1^2} + \ldots + \frac{\partial^2 W}{\partial z_{n+2}^2} \equiv \frac{\partial^2 W}{\partial z_1^2} + \ldots + \frac{\partial^2 W}{\partial z_n^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho}\left(\rho \frac{\partial W}{\partial \rho}\right) = 0.$$

En passant des $(z_1, \ldots, z_{n+2})$ aux coordonnées $(r, x_1, \ldots, x_n, \varphi)$ ainsi définies (¹) :

(2) $$z_1 = r x_1 \ldots z_n = r x_n,$$
$$z_{n+1} = r\sqrt{1 - x_1^2 - \ldots - x_n^2} \cos\varphi, \qquad z_{n+2} = r\sqrt{1 - x_1^2 - \ldots - x_n^2} \sin\varphi,$$

on pose

$$W(z_1, \ldots, z_n, \rho) = \frac{1}{r^{n+\mu}} V_{m_1, \ldots, m_n}(x_1, \ldots, x_n).$$

Le polynome V est donc la valeur que prend, sur l'hypersphère (S) : $r^2 = 1$, la fonction W, harmonique à l'extérieur de (S).

Ceci rappelé, montrons qu'il est bien facile de *former un système de n équations aux dérivées partielles, auquel satisfait* W; dans ce but, nous partirons des identités *évidentes*

(3) $$\rho \frac{\partial}{\partial z_k}\left(\frac{1}{r^n}\right) - z_k \frac{\partial}{\partial \rho}\left(\frac{1}{r^n}\right) = 0 \qquad (k = 1, 2, \ldots, n).$$

Dérivons l'identité de rang k, m_1 fois par rapport à z_1, ..., $(m_k + 1)$ fois par rapport à z_k, ..., m_n fois par rapport à z_n. En jetant un simple regard sur la définition (1) de W, nous obtenons par ce procédé les équations annoncées

(4) $$\rho \frac{\partial^2 W}{\partial z_k^2} - z_k \frac{\partial^2 W}{\partial z_k \partial \rho} - (m_k + 1) \frac{\partial W}{\partial \rho} = 0 \qquad (k = 1, 2, \ldots, n).$$

Nous pouvons aussi les écrire

(5) $$\frac{\partial}{\partial z_k}\left[\rho\left(\rho \frac{\partial W}{\partial z_k} - z_k \frac{\partial W}{\partial \rho}\right)\right] - m_k \rho \frac{\partial W}{\partial \rho} = 0.$$

(¹) *Loc. cit.*, p. 8.

Or W est homogène de degré $-(\mu+n)$ en $z_1, \ldots, z_n, \rho$; donc

(6) $$\rho\frac{\partial W}{\partial \rho}+\sum_{j=1}^{j=n} z_j\frac{\partial W}{\partial z_j}=-(\mu+n)W.$$

Nous aboutissons alors à une expression où ne figurent plus que les dérivées par rapport aux z :

$$\frac{\partial}{\partial z_k}\left\{\rho^2\frac{\partial W}{\partial z_k}+z_k\left[(\mu+n)W+\sum_{j=1}^{j=n} z_j\frac{\partial W}{\partial z_j}\right]\right\}+m_k\left[(\mu+n)W+\sum_{j=1}^{j=n} z_j\frac{\partial W}{\partial z_j}\right]=0.$$

En passant des $(z_1, \ldots, z_n, \rho)$ aux $(r, x_1, \ldots, x_n)$ et de W à V, nous retrouvons enfin le système de n équations du polynome $V_{m_1,\ldots,m_n}$, sous la forme que je lui ai donnée [1] :

(7) $$\frac{\partial}{\partial x_k}\left\{\frac{\partial V}{\partial x_k}-x_k\left[(\mu+n)V+\sum_{j=1}^{j=n} x_j\frac{\partial V}{\partial x_j}\right]\right\}+(m_k+1)\left[(\mu+n)V+\sum_{j=1}^{j=n} x_j\frac{\partial V}{\partial x_j}\right]=0.$$

Pour terminer, portons notre attention sur l'équation obtenue en faisant la somme des n relations (4)

$$\rho\sum_{k=1}^{k=n}\frac{\partial^2 W}{\partial z_k^2}-\frac{\partial}{\partial \rho}\left[\sum_{k=1}^{k=n} z_k\frac{\partial W}{\partial z_k}\right]-(\mu+n)\frac{\partial W}{\partial \rho}=0;$$

comme, d'après la formule d'homogénéité (6),

$$-\frac{\partial}{\partial \rho}\left[\sum_{k=1}^{k=n} z_k\frac{\partial W}{\partial z_k}\right]-(\mu+n)\frac{\partial W}{\partial \rho}=\frac{\partial}{\partial \rho}\left(\rho\frac{\partial W}{\partial \rho}\right),$$

la somme des relations (4) se confond donc avec l'équation de Laplace

$$\rho\sum_{k=1}^{k=n}\frac{\partial^2 W}{\partial z_k^2}+\frac{\partial}{\partial \rho}\left(\rho\frac{\partial W}{\partial \rho}\right)=0.$$

---

(1) *Loc. cit.*, p. 37.

C'est là l'explication de ce fait [que j'avais déjà remarqué (¹) sans en dégager la véritable raison] :

La somme des n équations (7)

$$\mu(\mu+n)V+\sum_{k=1}^{k=n}\frac{\partial}{\partial x_k}\left[\frac{\partial V}{\partial x_k}-x_k\sum_{j=1}^{j=n}x_j\frac{\partial V}{\partial x_j}\right]=0$$

est identique à l'équation qui exprime que $\frac{1}{r^{n+\mu}}V_{m_1,\ldots,m_n}$ *est une fonction harmonique.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations aux dérivées partielles vérifiées par les polynomes d'Hermite, déduits d'une exponentielle.* Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. P. Appell.

Dans un des derniers numéros (²) M. Appell a donné, par une méthode directe et rapide, une expression simple pour une solution de seconde espèce des équations aux dérivées partielles auxquelles satisfait le polynome $U_{m,n}$ d'Hermite. Nous allons appliquer le même procédé aux équations que vérifient les polynomes à deux variables, également introduits par Hermite (³), qui naissent de la différentiation d'une exponentielle dont l'exposant est une forme quadratique de x et y. En rapprochant les résultats que nous obtiendrons de ceux de M. Appell, on se rendra compte que la méthode suivie semble susceptible de s'appliquer à des cas très étendus.

Hermite définit le polynome $H_{m,n}(x, y)$ par

$$H_{m,n}(x,y)=(-1)^{m+n}e^{\frac{1}{2}\varphi(x,y)}\frac{\partial^{m+n}e^{-\frac{1}{2}\varphi(x,y)}}{\partial x^m\,\partial y^n}$$

où

$$\varphi(x,y)=ax^2+2bxy+cy^2.$$

Il établit que ce polynome vérifie les deux équations aux dérivées

(¹) *Loc. cit.*, p. 38.

(²) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 309.

(²) *Œuvres*, t. 2, p. 293.

partielles

$$
\text{(I)}\quad \left\{\begin{aligned}
&a\frac{\partial^2 H_{m,n}}{\partial\xi^2}+b\frac{\partial^2 H_{m,n}}{\partial\xi\,\partial\eta}-\xi\frac{\partial H_{m,n}}{\partial\xi}+mH_{m,n}=0,\\
&c\frac{\partial^2 H_{m,n}}{\partial\eta^2}+b\frac{\partial^2 H_{m,n}}{\partial\xi\,\partial\eta}-\eta\frac{\partial H_{m,n}}{\partial\eta}+nH_{m,n}=0,
\end{aligned}\right.
$$

avec

$$\xi=ax+by,\qquad \eta=bx+cy.$$

Nous chercherons simplement à déterminer une seconde solution, $H^{(2)}_{m,n}$, de ce système. Si nous posons

$$\mathcal{H}_{m,n}(x,y)=\frac{\partial^{m+n}e^{-\frac{1}{2}\varphi(x,y)}}{\partial x^m\,\partial y^n},$$

il nous sera facile d'écrire les équations auxquelles satisfait $\mathcal{H}_{m,n}$:

$$
\text{(II)}\quad \left\{\begin{aligned}
&c\frac{\partial^2\mathcal{H}}{\partial x^2}-b\frac{\partial^2\mathcal{H}}{\partial x\,\partial y}+\Delta x\frac{\partial\mathcal{H}}{\partial x}+\Delta(m+1)\mathcal{H}=0,\\
&a\frac{\partial^2\mathcal{H}}{\partial y^2}-b\frac{\partial^2\mathcal{H}}{\partial x\,\partial y}+\Delta y\frac{\partial\mathcal{H}}{\partial y}+\Delta(n+1)\mathcal{H}=0,
\end{aligned}\right.
$$

où

$$\Delta=ac-b^2.$$

Or on peut observer qu'on passe du système suivant :

$$
\text{(III)}\quad \left\{\begin{aligned}
&c\frac{\partial^2 P}{\partial x^2}-b\frac{\partial^2 P}{\partial x\,\partial y}+\Delta x\frac{\partial P}{\partial x}+\Delta P=0,\\
&a\frac{\partial^2 P}{\partial y^2}-b\frac{\partial^2 P}{\partial x\,\partial y}+\Delta y\frac{\partial P}{\partial y}+\Delta P=0,
\end{aligned}\right.
$$

au système (II), en posant

$$\mathcal{H}_{m,n}=\frac{\partial^{m+n}P}{\partial x^m\,\partial y^n}.$$

Nous dirons que les équations (III) sont les *équations de Didon* du système (II). Une solution de (III) est évidemment

$$P_1=e^{-\frac{1}{2}\varphi(x,y)}.$$

Tout revient à chercher une autre solution P_2 du système de Didon.

Si nous posons

$$P=e^{-\frac{1}{2}\varphi(x,y)}Q,$$

et que nous fassions le changement de variable

$$\xi = ax + by, \qquad \eta = bx + cy,$$

nous obtenons pour Q les équations très simples

$$\text{(IV)} \qquad \left\{ \begin{aligned} & a \frac{\partial^2 Q}{\partial \xi^2} + b \frac{\partial^2 Q}{\partial \xi \, \partial \eta} - \xi \frac{\partial Q}{\partial \xi} = 0, \\ & c \frac{\partial^2 Q}{\partial \eta^2} + b \frac{\partial^2 Q}{\partial \xi \, \partial \eta} - \eta \frac{\partial Q}{\partial \eta} = 0. \end{aligned} \right.$$

On voit au premier coup d'œil que la deuxième équation sera satisfaite si l'on prend pour Q une fonction de ξ seul : la première équation donnera alors la solution

$$Q_2 = \int_0^{\xi} e^{\frac{t^2}{2a}} \, dt,$$

ou, si nous désignons par $\mathcal{L}(z)$ la transcendante $\int_0^z e^{t^2} \, dt$,

$$Q_2 = \mathcal{L}\left(\frac{\xi}{\sqrt{2a}}\right) = \mathcal{L}\left(\frac{ax + by}{\sqrt{2a}}\right);$$

d'où la seconde solution cherchée,

$$H_{m,n}^{(2)} = (-1)^{m+n} e^{\frac{1}{2}\varphi(x,y)} \frac{\partial^{m+n}}{\partial x^m \, \partial y^n} \left[e^{-\frac{1}{2}\varphi(x,y)} \mathcal{L}\left(\frac{ax + by}{\sqrt{2a}}\right) \right].$$

Remarquons d'ailleurs qu'une troisième solution, également évidente, des équations (IV) est

$$Q_3 = \mathcal{L}\left(\frac{\eta}{\sqrt{2c}}\right) = \mathcal{L}\left(\frac{bx + cy}{\sqrt{2c}}\right),$$

ce qui permettra d'écrire une troisième fonction $H_{m,n}^{(3)}$.

L'analogie avec le cas d'une variable est frappante et ressort du fait que l'équation différentielle

$$U_m'' - ax \, U_m' + am \, U_m = 0,$$

qui a pour solution le polynome d'Hermite à une variable,

$$U_m = e^{\frac{ax^2}{2}} \frac{d^m e^{-\frac{ax^2}{2}}}{dx^m},$$

admet une solution de seconde espèce qu'on peut écrire

$$U_m^{(2)} = e^{\frac{ax^2}{2}} \frac{d^m}{dx^m}\left[e^{-\frac{ax^2}{2}} \mathfrak{L}\left(x\sqrt{\frac{a}{2}}\right)\right].$$

Si l'on veut avoir une quatrième solution des systèmes (I) ou (IV), et par là leur intégrale générale, il faudra effectuer des calculs beaucoup plus compliqués. On pourra, par exemple, suivre la marche indiquée par Didon (¹) pour l'intégration du système auquel satisfont les polynomes $V_{m,n}$ d'Hermite. On trouvera ainsi qu'une quatrième solution de (IV) est

$$\begin{aligned} Q_4 = {} & \mathfrak{L}\left(\frac{ax+by}{\sqrt{2a}}\right)\mathfrak{L}\left(\sqrt{\frac{\Delta}{2a}}y\right) \\ & + \mathfrak{L}\left(\frac{bx+cy}{\sqrt{2c}}\right)\mathfrak{L}\left(\sqrt{\frac{\Delta}{2c}}x\right) - \frac{\sqrt{\Delta}}{2}\int_{x_0}^{x} du \int_{y_0}^{y} dv\, e^{\frac{1}{2}\varphi(u,v)}, \end{aligned}$$

d'où l'on tirera une quatrième solution $H_{m,n}^{(4)}$ du système (I). L'intégrale générale de ce système sera donc

$$H = k_1 H_{m,n} + k_2 H_{m,n}^{(2)} + k_3 H_{m,n}^{(3)} + k_4 H_{m,n}^{(4)},$$

les k étant des constantes arbitraires.

HYDRAULIQUE. — *Sur les grandes vitesses de l'eau dans les conduites.* Note (²) de M. C. **Camichel**, transmise par M. A. Blondel.

Les hautes pressions actuellement utilisées dans l'industrie hydraulique peuvent donner à l'eau des vitesses considérables de l'ordre de 100ᵐ par seconde, par exemple; jusqu'à présent, l'étude de ces vitesses a été, du moins à ma connaissance, complètement laissée de côté, les expériences signalées concernant toutes des vitesses inférieures à 10ᵐ par seconde. L'objet de cette Note est d'indiquer les résultats que j'ai obtenus relativement aux pertes de charge dans les tubes pour des vitesses atteignant 80ᵐ par seconde.

(¹) *Ann. Ec. Norm.*, t. 6, 1869, p. 7 à 26.

(²) Séance du 30 septembre 1918.

La disposition adoptée est la suivante :

Un accumulateur de 1000^{l} de capacité et dont la pression est 150^{kgm} par centimètre carré, équivalant par conséquent aux plus hautes chutes utilisées actuellement, est mis en communication avec le tube horizontal dans lequel l'eau s'écoule; un robinet à pointeau, placé entre l'accumulateur et le tube, permet de faire varier la vitesse de l'eau.

Supposons que la vitesse est partout parallèle à l'axe du tube et que le régime permanent est établi; prenons l'axe du tube à partir de l'orifice d'entrée comme axe des x, Oy horizontal et Oz vertical, et appliquons les équations générales du mouvement des liquides pesants doués de viscosité. La vitesse se réduit à la composante u parallèle à Ox, les deux autres composantes v et w sont nulles; on en déduit facilement que $\frac{\partial p}{\partial y} = \frac{\partial p}{\partial z} = 0$, c'est-à-dire que la pression est uniforme dans toute la section du tube. L'équation de continuité donne $\frac{\partial u}{\partial x} = 0$, ce qui veut dire que la vitesse du fluide est la même en tous les points d'une même parallèle à l'axe du tube. Enfin on trouve que $\frac{\partial p}{\partial x} = \text{const.}$, c'est-à-dire que la pression varie uniformément d'une extrémité à l'autre du tube.

Étendons ces résultats au cas des grandes vitesses.

Nous mesurerons les pertes de charge en évaluant les pressions en divers points du tube; il ne serait pas correct de mesurer la différence de pressions aux deux extrémités du tube, car la pression P'_0 qui règne dans la section du tube à l'orifice d'entrée diffère beaucoup de la pression P_0 dans le réservoir qui alimente le tube mesurée en un point où le liquide est immobile. La différence $P_0 - P'_0$ correspond à la chute de pression nécessaire pour donner au liquide la force vive qu'il a à l'entrée du tube et pour vaincre les frottements des filets liquides les uns contre les autres, dans le réservoir qui alimente le tube. A la sortie, au contraire, l'examen du jet montrant que la distribution des vitesses est la même que dans l'intérieur du tube, on peut en conclure qu'il en est de même pour les pressions. Il n'y aurait donc pas de difficulté pour l'extrémité aval du tube, mais en revanche l'évaluation de la différence $P_0 - P'_0$ à l'entrée serait bien incertaine. Il faut remarquer en outre que la contraction de la veine, qui se produit dans la partie antérieure du tube, rend complètement inexacte pour cette région l'hypothèse du parallélisme des filets liquides à l'axe du tube; par exemple, dans un tube de 3^{mm} de diamètre et de 0^{m},20 de longueur, traversé par de l'eau ayant à la sortie une vitesse de 80^{m} à la seconde, la contraction de la veine est telle qu'à 5^{cm} de l'entrée, la pression y devient sensiblement égale à la pression atmosphérique et que le tube peut être ouvert en ce point sans qu'il y ait écoulement de l'eau à l'extérieur.

Il en résulte qu'il faut mesurer les pressions à une certaine distance, 12^{cm} au moins, de l'orifice d'entrée et employer des tubes de 0^{m},50 de longueur au minimum. Les manomètres étaient des appareils Bourdon, étalonnés, avant et après l'essai, par

comparaison avec un manomètre Marecx (piston chargé de poids) alimenté par une pompe Decauville du modèle de celles qui servent à essayer les obus.

Les tubes étudiés avaient un diamètre intérieur de 3^{mm} environ, qui était mesuré au moyen d'un microscope à réticule, muni d'un chariot micrométrique. Les expériences ont porté sur trois tubes : un de cuivre rouge, les deux autres de laiton. Voici quelques résultats correspondant à un tube de laiton :

Diamètre intérieur, $0^m,0029$; longueur, $0^m,483$.

Dans la première colonne du Tableau ci-après, J désigne la quantité $-\frac{\partial p}{\partial x}$, évaluée en mètres d'eau par mètre de longueur; la deuxième colonne donne les valeurs correspondantes de la vitesse moyenne U, égale au quotient du débit par la section évaluée en mètres par seconde.

$J=-\frac{\partial p}{\partial x}$.	U.	J.	U.
m	m	m	m
2060	79,9	24,7	7,8
1690	75,1	6,8	3,8
1400	66,0	2,8	2,3
930	55,6	1,9	1,8
642	46,7	0,74	1,1
452	37,9	0,24	0,49
176	22,9	0,040	0,093

Si l'on construit la courbe ayant comme abscisse log U et comme ordonnée $\log\left(-\frac{\partial p}{\partial x}\right)$, les points correspondant aux vitesses inférieures à $0^m,50$ par seconde se placent sur une droite ayant pour équation

$$(1) \qquad \log J = \log U - 0,395;$$

cette droite représente le *régime de Poiseuille*. Les points correspondant à des vitesses supérieures à $2^m,50$ se placent sur une autre droite

$$(2) \qquad \log J = 1,93 \log U - 0,36,$$

qui représente le *régime hydraulique*. Tout ceci est conforme aux recherches de M. Couette et de M. Osborne Reynolds, le coefficient 1,93 trouvé diffère très peu de celui qui résulte des expériences de Darcy et qui est égal à 1,92; mais le résultat qui n'avait pas été indiqué jusqu'à présent et qui constitue l'objet de cette Note est le suivant : la droite (2) représente avec toute la rigueur désirable la relation entre J et U, jusqu'aux vitesses

de 80[m] par seconde; les points obtenus expérimentalement se placent sur cette droite avec une telle précision qu'il est vraisemblable que la même relation s'applique pour des vitesses encore plus élevées.

Il résulte donc avec la plus grande netteté, des expériences signalées, que la loi de variation de la perte de charge en fonction de la vitesse est la même pour les faibles vitesses ordinairement employées dans l'industrie et pour les grandes vitesses, par exemple 80[m] par seconde, que les hautes chutes permettent de produire.

Ce résultat peut dès maintenant être utilisé par les ingénieurs.

Nous nous proposons, avec M. Eydoux, d'étendre ces expériences et de poursuivre l'étude des propriétés de l'eau aux grandes vitesses; des recherches de ce genre présentent des difficultés provenant des puissances considérables qu'elles nécessitent et des précautions qu'elles exigent.

ASTRONOMIE. — *Sur la limite et l'extension d'une atmosphère. Application aux planètes.* Note (¹) de M. **A. Véronnet**, présentée par M. P. Puiseux.

Le libre parcours moyen l d'une molécule est très voisin de 10^{-5} cm, à zéro degré et sous pression normale P_1, pour la plupart des gaz. Il varie proportionnellement au volume pour les faibles pressions et l'on a

$$\frac{l}{l_1} = \frac{v}{v_1} = \frac{P_1 T}{p T_1}. \tag{1}$$

Si l'on s'élève dans l'atmosphère la pression diminue proportionnellement plus vite que la température et le libre parcours augmente. Il arrive un moment où ce libre parcours devient égal à la hauteur maximum h à laquelle peut s'élever verticalement une molécule animée d'une vitesse V et soumise à la pesanteur γ. A ce niveau la limite de l'atmosphère peut être considérée comme atteinte.

La théorie cinétique indique en effet que la pression sur un élément de surface est proportionnelle à la vitesse moyenne V des molécules. En appelant dV la variation de cette vitesse moyenne sous l'action de la pesanteur, on a

$$p\,dV = V\,dp. \tag{2}$$

(¹) Séance du 30 septembre 1918.

La pression sera nulle contre la paroi supérieure d'un récipient et l'on pourra la supprimer, quand on aura $dV = V$, car la vitesse des molécules s'annulera à ce niveau. Cela a bien lieu quand on a $l = h$, en supposant toutes les molécules animées de la même vitesse V. Au delà on n'aura plus un gaz réel, mais seulement des molécules isolées dont la vitesse est plus grande que V.

Or on a d'après la théorie des gaz $\mu V^2 = 3RT$, où μ est la masse moléculaire.

On en déduit pour le libre parcours et la pression limite

$$(3)\qquad l = h = \frac{V^2}{2\gamma} = \frac{3RT}{2\gamma\mu}, \qquad \frac{p}{P_1} = \frac{2}{3}\frac{l_1}{RT_1}\gamma\mu.$$

La loi de variation de pression des gaz sous la pesanteur γ donne alors pour la hauteur x de cette atmosphère, en y regardant T comme constant,

$$(4)\qquad x = r_1\left(1 - \frac{r_1}{r}\right) = \frac{RT}{\gamma\mu}\,L\,\frac{p_1}{p}.$$

r exprime la distance au centre quand, x devenant considérable, il faut tenir compte de la variation de γ (r_1 étant la distance de la surface au centre et p_1 la pression à la surface).

On obtient sur la Terre les pressions limites $5{,}76.10^{-13}$ atm pour l'hydrogène; $8{,}06.10^{-12}$ pour l'azote et $9{,}21.10^{-12}$ pour l'oxygène. Notre atmosphère s'élèverait à $9{,}21.10^{-12}$ pour l'oxygène. Notre atmosphère s'élèverait à 166^{km} si elle était composée uniquement d'azote, à 145^{km} si elle était composée d'oxygène, en prenant 213° A. ou −60° C. comme température moyenne de l'atmosphère.

Comme des étoiles filantes paraissent avoir été visibles à 400^{km} d'altitude, il faut admettre la présence d'un gaz plus léger. Une proportion de 40.10^{-12} d'hydrogène à la surface suffirait pour étendre sa limite à 380^{km}, avec des molécules isolées rebondissant à 135^{km} plus haut, valeur du libre parcours l à la pression limite. L'atmosphère s'étendrait ainsi à plus de 500^{km}.

Sur le Soleil l'hydrogène s'élèverait à 4650^{km}, soit 6″,50, au-dessus de la couche où sa pression serait d'une atmosphère. La limite serait encore plus élevée dans une atmosphère plus légère de coronium.

Sur les autres planètes, en admettant que l'atmosphère est formée des mêmes éléments que sur la Terre, et que sa masse totale est proportionnelle à la masse de la planète, on trouve que la pression à la surface est propor-

tionnelle au carré de la pesanteur et que la pression limite est inverse de la pesanteur à la surface

$$(5) \qquad \frac{p_1}{P_1} = \frac{\gamma^2}{g^2}, \qquad \frac{p}{p_1} = \frac{2}{3}\frac{l_1}{RT_1}\frac{g}{\gamma}g\mu.$$

La hauteur de l'atmosphère sera donnée ensuite par la formule (4). La température T est inverse de la racine carrée de la distance au Soleil en vertu de la loi de Stefan.

Si l'atmosphère s'étendait très loin en dehors de la planète, il arriverait un moment où la vitesse des molécules serait égale à la vitesse parabolique. Les molécules s'échapperaient. On a pour cette autre limite extrême la formule

$$(6) \qquad V^2 = 2\gamma r = \frac{3\,RT}{\mu} \quad \text{et} \quad \frac{r}{r_1} = \frac{2}{3}\frac{\gamma\mu r_1}{RT}.$$

Le Tableau suivant donne la hauteur x de l'atmosphère et la pression p_1 à la surface pour les principales planètes et la valeur minimum de la limite extrême de r (formule 6) dans le cas de l'hydrogène :

	Mercure.	Vénus.	Terre.	Mars.	Jupiter.	Saturne.	Uranus.	Neptune.
$x\mathrm{K}_m$...	600	200	150	330	26	46	37	29
$p_1 : P_1$..	0,17	0,77	1,00	0,14	6,4	1,12	0,85	0,90
$r : r_1$...	4,4	34	47,1	11,6	3000	1500	760	1050

On voit que la pression superficielle p_1 serait assez voisine de la nôtre sur les autres planètes, sauf sur Mercure et Mars où elle serait environ 6 fois moindre et sur Jupiter où elle serait 6 fois plus grande. Par contre, l'atmosphère s'élèverait un peu plus haut sur les autres petites planètes et serait beaucoup plus basse sur les grosses planètes à forte attraction. Elle serait limitée à 26^{km} seulement sur Jupiter, à moins qu'il n'y ait une forte proportion d'hydrogène. La dépression atmosphérique en altitude y serait extrêmement rapide. Un plateau de quelques kilomètres de haut s'élèverait dans une atmosphère assez raréfiée pour être visible de la Terre (tache rouge) alors que la surface, recouverte par 2,53 fois plus d'air que sur la Terre, serait invisible.

La limite extrême de l'atmosphère, même supposée formée d'hydrogène, est très étendue pour toutes les planètes. Il faudrait que l'hydrogène sur la nôtre s'étende à 47 fois le rayon actuel pour s'échapper. Sur Jupiter il pourrait s'élever à 3000 fois son rayon.

Sur Mercure, au contraire, la limite moyenne ne dépasserait pas 4,5 fois son rayon. Comme la force vive de certaines molécules atteint le double de la force vive moyenne et que la température initiale peut s'estimer au triple de la température actuelle, l'hydrogène non combiné a pu s'échapper. Peut-être n'y a-t-il pas eu alors formation d'eau.

Pour la Lune on trouverait une pression initiale à la surface de $0^{atm},028$ seulement ou de 30^{g} par centimètre carré; mais cette atmosphère se serait élevée jusqu'à une hauteur égale à 3 fois le rayon de notre satellite. Cette faible atmosphère a dû être absorbée par le sol, comme l'eau de mer elle-même. En tout cas la limite extrême qui est de 2,12 rayons pour l'hydrogène s'élève à 30 fois son rayon pour l'azote et l'attraction de notre satellite aurait toujours été suffisante pour retenir l'azote et l'oxygène.

PHYSIQUE. — *Efforts internes développés dans les métaux et alliages par l'effet d'un refroidissement rapide.* Note de M. **Portevin**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

Les efforts internes sont mis en évidence par les déformations qui accompagnent l'usinage, c'est-à-dire la suppression des liaisons résultant de la cohésion de la matière.

Si l'on veut procéder à l'analyse de l'état d'équilibre élastique interne, il faut recourir à la détermination de la valeur des efforts internes dans des couches minces enlevées successivement à l'outil, en mesurant avec une très grande précision les modifications de dimensions du solide restant. C'est la méthode utilisée par Heyn et Bauer (1) pour l'étude des efforts propres dans les barres étirées.

Nous avons utilisé ce procédé pour l'étude des efforts internes créés lors du refroidissement rapide, par immersion dans l'eau, de cylindres pleins ou creux en divers métaux et alliages (cuivre, nickel, laiton, aciers ordinaires et spéciaux), en opérant, soit sur des jauges à bouts sphériques de 20^{mm} de longueur, soit sur des cylindres pleins de 70^{mm} de diamètre, soit sur des cylindres creux de 75^{mm} de diamètre extérieur et de 8^{mm} à 10^{mm} d'épaisseur.

En raison de la complication des phénomènes, nous ne retiendrons cette fois, des résultats acquis, que les conclusions suivantes relatives à l'effet résultant du refroidissement rapide en dehors de l'influence des points de

(1) *Int. Zeit. Metall.*, t. 1, 1911, p. 16-48.

transformation et en nous limitant à l'étude des efforts longitudinaux.

Pour les échantillons des dimensions ci-dessus indiquées, le refroidissement rapide, par immersion dans l'eau, développe des efforts internes qui mettent en compression longitudinale les zones extérieures et en extension longitudinale les régions centrales des cylindres pleins.

L'importance des efforts qui naissent ainsi dépend naturellement, à égalité de dimension des cylindres, des caractéristiques physiques de la matière (coefficient de dilatation, conductibilité calorifique, module et limite élastiques). C'est ainsi que, pour des jauges de 20^{mm} de diamètre trempées dans l'eau à 750°, les efforts internes longitudinaux sont infimes pour le cuivre (inférieurs en valeur absolue à 2 kg : mm^2, ils varient, pour le nickel, entre -10 et $+6$ kg : mm^2) et dépassent dans le laiton (60 pour 100 cuivre) ± 15 kg : mm^2.

Le revenu après trempe, dont un des effets est d'atténuer ou de faire disparaître des efforts internes dus à la trempe, peut donc, s'il est suivi d'un refroidissement rapide, en créer de nouveaux [1]. Nous citerons les exemples suivants, relatifs à des cylindres pleins de 70^{mm} de diamètre préalablement trempés à 850° dans l'eau et soumis au revenu à diverses températures :

1° *Acier demi-dur.*

		Compression longitudinale périphérique moyenne sur 10^{mm} d'épaisseur (kg : mm^2).
Revenu à 550° suivi de	refroidissement lent........	-4
	immersion dans l'eau.......	-14
Revenu à 700° suivi de	refroidissement à l'air......	$-0,1$
	immersion dans l'eau.......	-27

2° *Acier nickel-chrome* (C = 0,3; Ni = 2,5; Cr = 0,7).

		Compression longitudinale périphérique moyenne sur 10^{mm} d'épaisseur (kg : mm^2).	Extension longitudinale centrale moyenne sur 15^{mm} de diamètre (kg : mm^2).
Revenu à 500° suivi de	refroidissement à l'air...	-3	$+15$
	immersion dans l'eau....	-11	$+31$
Revenu à 650° suivi de	refroidissement à l'air...	-4	$+10,5$
	immersion dans l'eau....	$-34,5$	$+49,5$

[1] D'après Langley, l'immersion dans l'eau, de l'acier à 100°, créerait de légères tensions dont l'influence pourrait être mise en évidence par l'étude des densités.

On peut être ainsi amené à adopter, pour certains travaux de précision, un refroidissement lent après revenu afin d'éviter les déformations à l'usinage final. Par contre, on sait que, pour certains aciers (aciers phosphoreux, aciers nickel-chrome), le refroidissement trop lent après revenu au-dessus d'une certaine température a des inconvénients manifestes au point de vue de leur fragilité.

C'est un choix judicieux des conditions de refroidissement après revenu et de l'acier à faire suivant le but principal qu'on se propose et la destination des pièces.

Enfin, il convient de ne pas oublier qu'un certain état d'équilibre élastique interne peut être plus favorable à la résistance globale d'une pièce vis-à-vis d'efforts extérieurs déterminés que l'absence complète d'efforts internes.

Cette création d'efforts internes par refroidissement brusque, au-dessous des températures de transformation, peut, lors de l'étude de la trempe des aciers, permettre, dans une certaine mesure, de séparer les efforts résultant des modifications de l'état d'équilibre interne de ceux résultant de la trempe proprement dite.

RADIOLOGIE. — *La création des plans en radiographie stéréoscopique.* Note (1) de M. **Henri Béclère**, présentée par M. Quénu.

Dans la photographie stéréoscopique, ce que l'on cherche avant tout, c'est la mise en valeur des plans pour rendre le plus possible leur relief aux objets. Pour la radiographie stéréoscopique, la difficulté très grande de compréhension des images résulte du fait que les repères cutanés manquent pour la situation exacte des différentes parties du squelette. On a déjà proposé d'indiquer les plans superficiels par des anneaux métalliques. Le mieux et le plus simple est de procéder de la façon suivante. Le segment de membre, légèrement enduit de vaseline ou de lanoline, est massé avec un sel opaque aux rayons X, tel que le sous-nitrate de bismuth ou le carbonate. La poudre pénètre dans les moindres méandres de la peau. Sur le cliché radiographique, tous ces détails apparaissent très nettement. En stéréoscopie l'effet est saisissant. La peau avec sa structure rendue parfaitement visible montre tous ses contours et tous ses plis. Le squelette apparaît dans

(1) Séance du 30 septembre 1918.

ses rapports exacts avec les téguments. La peau, sur les clichés, donne l'impression d'une fine enveloppe de baudruche qui ne trouble en rien la netteté des détails du squelette. L'application du procédé à l'étude du matelassage des moignons en vue de l'appareillage donne de précieux résultats. Les rapports du squelette et de la peau sont ainsi très faciles à étudier. Dans le cas d'esquilles, il devient très simple de les situer, ce qui permet de prévenir des accidents grâce aux indications chirurgicales fournies.

GÉOLOGIE. — *Découverte d'un gisement fossilifère dans le Cantal.* Note de MM. **G.-F. Dollfus** et **P. Marty**, présentée par M. Pierre Termier.

Le gisement que nous nous proposons de faire connaître est situé dans la vallée du Goul, affluent immédiat de la Trueyre et médiat du Lot, au lieu dit « Pont de Gail », commune de Saint-Clément, canton de Vic-sur-Cère, près l'auberge de Froquière.

Le Goul draine une partie du secteur sud de la pyramide volcanique du Cantal, et sa vallée a été étudiée par Rames, Fouqué, M. Boule et par l'un de nous. En remontant la vallée, des environs du Raulhac à sa source, on traverse les terrains suivants :

1° Des micaschistes; 2° des sables quartzeux (Tongrien supérieur) qui ont livré aux environs de Saint-Flour : *Entelodon* sp., *Aceratherium Gaudryi*, Tortues; 3° des marnes versicolores, vertes et blanches (Rupélien-Stampien), qui contiennent aux environs d'Aurillac : *Nystia Duchasteli*, *Hydrobia Dubuissoni*, *H. Sandbergeri*, *Stenothyra pupa*, *Vivipara soricinensis*, *Potamides Lamarcki;* 4° des calcaires blancs et jaunes importants (Firmitien) dans lesquels on trouve les fossiles suivants : *Potamides Lamarcki* Brongt., *Limnea* cf. *cadurcensis* Noul., *L. symmetrica* Desh., *L. pachygaster* Thomae, *L. subpalustris* Thomae, *Planorbis cornu* Brongt., *Pl. Prevosti* Brongt., *Pupa* cf. *marginata* Bouillet et d'après M. Boule : *Helix corduensis* Noulet, *H. cadurcensis* N., *H. Boyeri* N. C'est au-dessus de cette série lacustre, toute oligocène, que débutent et se suivent les formations volcaniques; 5° trachyte passant au phonolithe; 6° labradorites; 7° conglomérat andésitique; 8° alluvions sableuses et cinérites avec plantes fossiles; 9° basaltes des plateaux; 10° amas glaciaires et alluvions anciennes.

Le conglomérat andésitique alterne à sa base, à Joursac, avec des alluvions à flore pontienne et renferme à ce niveau des ossements de *Dino-*

therium giganteum, *Rhinoceros Schleiermacheri*, *Hipparion gracile;* dans la masse même de ce conglomérat existent de nombreux et riches gisements de plantes fossiles du Plaisancien; les couches supérieures n'ont pas fourni jusqu'ici de Vertébrés fossiles, mais M. Boule les assimile stratigraphiquement aux couches de Périer (Puy-de-Dôme) à *Mastodon arvernensis* situées au niveau de l'Astien; les derniers travaux de M. Stehlin les placent sur l'horizon des couches de Montpellier et de Perpignan.

C'est dans ce conglomérat andésitique, dans une argile ligniteuse et sapropélienne, fortement disloquée, qui y est mêlée, que les fossiles nouveaux ont été trouvés par M. Marty. M. Dollfus y a reconnu : *Helix labyrinthiculus* Michaud, *Carychium pachychilus* Sandb., *Vertigo Dupuyi* Mich., *Planorbis filocinctus* Sandb., *Pl. Thiollierei* Mich., *Pl. Mariæ* Mich., *Pl. Matheroni* F. et T., *Limnea Bouilleti* Mich., *Zonites* (*Hyalina*), *nitens* Muller, *Bithinella abbreviata* Mich. sp. (*Paludina*), *Limax Martyi* n. sp. Il reste à l'étude des ossements de Mammifères, débris de Poissons, des graines diverses (*Ombellifères*, *Rosacées*, *Composées*, *Scrophulariées*, etc.) et des Diatomées. Ces Mollusques sont caractéristiques de la faune bien connue d'Hauterives (Drôme) étudiée par Michaud à deux reprises, par Fontannes, Locard, et dont l'horizon doit se classer d'après les travaux de MM. Depéret, Delafond, Sayn, etc. dans le Pliocène inférieur (Plaisancien), en confirmation de l'âge indiqué par les plantes, cet horizon étant un peu plus récent que celui de Cucuron, Montvendre qui est Miocène supérieur (Pontien).

La faune malacolagique de Pont-de-Gail est très voisine de celle du Miocène de Sansan, mais elle est plus récente; elle est apparentée aussi à celle des couches de Celleneuve près Montpellier, mais elle est par contre antérieure, sa place est nette.

C'est la première fois que la faune d'Hauterives est rencontrée aussi loin à l'Ouest; elle est connue aussi dans l'Ain, en Suisse, en Autriche (Eichkogel), en Hongrie et son extension, sous un facies saumâtre, s'étend fort loin vers l'Orient, caractérisant une période continentale qui commence avec le Miocène supérieur pour se poursuivre pendant le Pliocène inférieur. Cette détermination ne permet pas de faire remonter bien loin dans le passé les éruptions andésitiques du Massif central.

BOTANIQUE. — *Génération asexuée du* Padina pavonia *Lamour*. Note de M. **Pierre Georgevitch**, présentée par M. J. Costantin.

Les spores chez le *Padina pavonia* se trouvent, sur certains individus, sur la surface du thalle dans les sores linéaires et concentriques.

Les spores sont formées par certaines cellules de la couche assimilante du thalle, qui croissent d'une façon plus intensive que les cellules voisines.

Ces cellules donnent origine aux tétrasporanges; nous les appellerons donc les *rudiments du tétrasporange*.

Le noyau de la cellule du rudiment a une forme elliptique, et son axe est parallèle à la surface du thalle; assumant ensuite la forme arrondie, il s'allonge finalement dans la direction de l'axe le plus long de la cellule. Dans ce stade, le noyau du rudiment du tétrasporange se divise mitotiquement en deux cellules inégales : l'inférieure, plus petite, reste au niveau du thalle et représente ainsi la cellule basale; la cellule supérieure, plus grande, a la forme d'un dôme et représente la jeune cellule mère de la tétraspore.

Cette cellule grandit intensivement dans la direction verticale sur la surface du thalle, tandis que son noyau, qui occupe d'abord la partie basale de la cellule, croît plus intensivement sur son bout distal, occupant graduellement le milieu de la cellule.

Dans ce stade, le nucléole se colore intensivement et montre trois vacuoles dans sa masse. Le spirème de ce noyau est mince et se colore faiblement avec l'hématoxyline; mais avec la croissance de ce noyau, le spirème devient aussi plus clair et conduit au stade de synapsis. La plus grande partie de la masse chromatique s'accumule dans le bout distal de ce noyau allongé et est apposée étroitement à la membrane du noyau.

La masse chromatique est souvent concentrée en deux parties, de deux côtés du nucléole, mais nous ne pouvions pas constater de relation entre les deux parties chromatiques.

La masse chromatique est ensuite distribuée en filaments doubles, sur lesquels on voit clairement des granulations, pendant que les filaments eux-mêmes sont dispersés dans la cavité du noyau, formant ainsi le réseau chromatique.

Durant ce stade, la membrane du noyau est conservée en entier; tandis que les centrosomes, ainsi que la radiation kinoplasmatique sur les pôles du noyau, restent invisibles.

Les chromosomes se différencient graduellement du réseau chromatique en forme de doubles baguettes et d'anneaux fermés étant accumulés

autour du nucléole, qui conserve pendant ce stade sa forme et sa coloration intensive.

Le noyau, même après avoir atteint son plein développement, occupe le centre de la cellule et prend la forme d'un tonneau.

A présent, on voit sur chacun des deux pôles du noyau un centrosome en baguette recourbée avec une radiation kinoplasmatique nette.

Dans ce stade le fuseau est déjà formé, il est intranucléaire et central.

Le fuseau est composé d'abord de cinq à six faisceaux dont chacun est composé de deux grosses fibrilles qui s'étendent d'un pôle à l'autre du noyau.

Le fuseau est tronqué sur les pôles et touche presque le centrosome. Pendant que le noyau croît dans le sens de la longueur, la membrane du noyau se résorbe graduellement, d'abord sur l'équateur du noyau, tandis que sur ses pôles la membrane se conserve assez longtemps.

Par un pareil développement, le fuseau s'allonge d'un tiers à peu près de la longueur initiale, mais il est alors plus mince et suspendu librement dans le kinoplasma central du noyau, dont la membrane est parfaitement résorbée.

Dans ce stade, les chromosomes sont déjà disposés sur l'équateur du fuseau, se plaçant graduellement dans un disque plat de la plaque nucléaire.

Le nombre des chromosomes est de 24, ce qui représente le nombre végétatif (diploïde) qui se trouve aussi dans les cellules du thalle, ainsi que dans les rudiments du tétrasporange.

Dans le stade de métaphase, les chromosomes doubles se fendent en leurs moitiés, qui sont les chromosomes univalents, atteignant en nombre réduit de 12 les pôles du fuseau, où ils s'agrègent dans les nouveaux noyaux des cellules-filles.

Le noyau-fille est de forme ovale avec une proéminence distincte vers le pôle du fuseau et montre un centrosome, autour duquel on voit à présent une radiation bien nette.

Dans la prophase, la masse chromatique du noyau-fille se concentre dans les 12 chromosomes univalents, ce qui représente le nombre réduit (haploïde). Ces chromosomes se fendent ensuite, et leurs moitiés atteignent les pôles du fuseau, où les nouveaux noyaux sont formés : deux dans la partie supérieure et deux dans la partie inférieure de la cellule-mère des tétraspores.

Les cloisons des cellules se forment ensuite entre les quatre noyaux et aboutissent ainsi à la formation des quatre tétraspores.

ENTOMOLOGIE. — *La faune entomologique subfossile des tourbières sous-marines de Belle-Ile.* Note de M. PIERRE LESNE, présentée par M. E.-L. Bouvier.

On sait qu'il existe, en différents points de la côte de Bretagne, des terrains tourbeux, aujourd'hui submergés par la mer, et dont la formation, datée par les objets qu'ils recèlent, remonte à la période s'étendant du néolithique au gallo-romain (A. de Lapparent, 1900). Plusieurs observateurs (de la Fruglaye, 1811; Quenault, 1869, etc.) ont déjà signalé la présence dans ces couches de fragments d'insectes en bon état de conservation; mais l'étude ne paraît pas en avoir encore été entreprise.

Les recherches poursuivies par M. Emile Gadeceau sur les tourbières sous-marines de Belle-Ile ont fourni à ce naturaliste l'occasion de réunir un certain nombre de débris d'insectes subfossiles, dont l'examen m'a permis de reconnaître la présence dans ces formations d'une série d'espèces appartenant, pour la plupart, à l'ordre des Coléoptères. Celles que j'ai pu identifier jusqu'ici sont les suivantes :

CARABIDÆ.

1. *Platysma nigrum* Schall.
2. *Pseudophonus ruficornis* F.

DYTICIDÆ.

3. *Ilybius* sp.
4. *Dyticus punctulatus* F.

GYRINIDÆ.

5. *Gyrinus bicolor* F.
6. » *Suffriani* Scriba.

HYDROPHILIDÆ.

7. *Limnoxenus oblongus* Herbst.
8. *Cyclonotum orbiculare* F.

HISTERIDÆ.

9. *Hister quadrimaculatus* L.
10. *Onthophilus sulcatus* F.

CURCULIONIDÆ.

11. *Apion æneum* F.

CERAMBICYDÆ.

12. *Dorcadion fuliginator* L.

CHRYSOMELIDÆ.

13. *Donacia clavipes* F.
14. » *polita* Kunze.

SCARABÆIDÆ.

15. *Sisyphus Schæfferi* L.
16. *Onthophagus ovatus* L.
17. » *nuchicornis* L.
18. » *vacca* L.
19. *Geotrypes* (? *pyrenæus* Charp.).

Cette liste comprend huit espèces aquatiques ou plutôt aquicoles, qui

fréquentent exclusivement les eaux douces et notamment les eaux stagnantes (*Limnobius*, *Ilybius*, etc.). Parmi elles, les *Donacia* sont des phytophages inféodés aux Phanérogames aquatiques. Le *D. clavipes* vit à l'état de larve sur la partie immergée des tiges du *Phragmites communis* Trin. (A.-G. Böving, 1906).

Les onze autres espèces sont purement terrestres, épigées à l'état adulte (*Platysma*, *Pseudophonus*, *Dorcadion*), saprophiles (*Onthophilus*) ou coprophiles (*Sisyphus*, *Onthophagus*, *Geotrypes*, *Hister*); l'une d'elles (*Apion œneum*) est phytophage et se développe dans la tige des *Malva* et des *Althœa*.

Parmi ces espèces terrestres, on remarque une série de formes recherchant les terrains secs et les lieux découverts (*Pseudophonus*, *Dorcadion*, *Sisyphus*, *Onthophagus nuchicornis*, *O. ovatus*). La présence du *Dorcadion fuliginator* qui affectionne les friches et les talus gazonnés, où sa larve vit à la racine des Graminées, et celle d'un nombre relativement important d'espèces coprophages, impliquant l'existence dans les mêmes lieux de Mammifères herbivores, est particulièrement frappante.

D'ailleurs, les représentants subfossiles de presque toutes les espèces précédentes ne paraissent différer en rien des individus des mêmes espèces que nous observons aujourd'hui. Il faut en excepter cependant les Chrysomèles du genre *Donacia* qui se présentent comme des variétés ou plutôt comme des races chromatiques actuellement éteintes. Ainsi, la forme vivante du *D. clavipes* qui, au moins en France, se fait remarquer par la constance relative de sa teinte métallique, toujours verte ou légèrement bronzée, est représentée dans la tourbe de Belle-Ile par une race à élytres violets, soit en entier, soit seulement dans leur moitié externe, et l'élytre rapporté au *D. polita* a ses interstices externes occupés par une bande violette qui tranche vivement sur la teinte cuivreuse très franche de la région dorsale, alors que les individus vivants de la même espèce sont uniformément verts ou légèrement cuivreux. Il est intéressant de rapprocher ces faits de ceux constatés par G. de Lapouge pour les *Carabus* des tourbes campiniennes de Soignies (Belgique). Ces *Carabus* appartiennent tous à des espèces actuelles, mais ils constituent des races chromatiques particulières, qu'on ne retrouve plus aujourd'hui (1).

Au point de vue de la modification des faunes, le cas du *Donacia polita* mérite de retenir l'attention. Alors que toutes les autres espèces men-

(1) G. de Lapouge, *Ann. de la Soc. ent. de Belg.*, t. 47, 1903, p. 227.

tionnées ci-dessus comme existant dans les tourbes de Belle-Ile, habitent encore actuellement la région, celle-ci ne se rencontre aujourd'hui que dans la zone méditerranéenne (Espagne, Sardaigne, Italie, Croatie, Dalmatie, Algérie). Son aire d'extension géographique aurait donc subi une réduction ou un déplacement depuis les débuts de la période géologique actuelle. Si ce fait se trouvait confirmé, il présenterait un grand intérêt comme étant susceptible d'aider à la détermination de la date de la migration de toute une série d'espèces telles que le *Nebria complanata* L., l'*Helops cœruleus* L., le *Ceutorrhynchus verrucatus* Chevr., etc., dont l'aire d'extension, conformément à l'hypothèse de J. Sainte-Claire Deville (¹), aurait subi, à une époque restée jusqu'ici indéterminée, un déplacement parallèle à celui offert par le *Donacia polita*.

Les observations qui précèdent mettent en évidence les faits suivants :

1° Au voisinage des eaux stagnantes où se formaient les tourbières de Belle-Ile aujourd'hui submergées, s'étendaient des prairies sèches que fréquentaient des Mammifères herbivores.

2° Toutes les espèces de Coléoptères jusqu'ici identifiées qui habitaient ces marais et ces prairies existent encore dans la faune actuelle ; mais deux d'entre elles, appartenant au genre *Donacia*, constituent des races éteintes.

3° L'une de ces espèces de *Donacia*, qui ne se rencontre plus aujourd'hui que dans la zone méditerranéenne, aurait émigré vers le Sud depuis le début de la période géologique actuelle.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

É. P.

(¹) J. Sainte-Claire Deville, *Congrès international d'Entomologie* (Bruxelles, 1910), 1911, p. 309.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 OCTOBRE 1918.

PRÉSIDENCE DE M. P. PAINLEVÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Au cours de la séance, M. le **Président** fait part de la nouvelle, qu'il vient de recevoir, du décès de M. *Marcel Deprez*, Membre de la Section de Mécanique, survenu aujourd'hui à Vincennes (Seine), et se fait l'interprète des sentiments que cette mort inspire à l'Académie.

NAVIGATION. — *Expressions générales de la résistance de l'eau à la translation des carènes et leurs enseignements.* Note de M. E. **Fournier**.

1. J'ai montré dans une Note précédente (¹) que les navires *aptes aux plus grandes vitesses*, en navigation ordinaire, à ciel ouvert, sont ceux dont la convexité latérale de leur surface immergée, Σ, est caractérisée par un coefficient ω moindre qu'une valeur critique, $\omega_0 = 0,18$, ou, plus exactement, on va le voir, $\omega_0 = 0,1832$.

Ce coefficient a pour expression $\omega = \sqrt{\sin I \sin I_m}$, en fonction de la moyenne, I_m, des incidences maximum d'attaque, I, I', I'', ..., des *lignes d'eau* de la *proue*, parallèles au plan de flottaison, parmi lesquelles I est celle de la ligne d'eau de ce plan. Les navires en question doivent cette aptitude exceptionnelle à leur propriété d'entretenir, par la translation de leurs reliefs immergés, une houle satellite dont le premier creux ondula-

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 444.

toire, occupant le milieu de la carène, à une vitesse critique

$$(2)\qquad W = 0,7911\sqrt{L}\left[1 + 0,9707\left(\frac{l}{p} - 2,02\right)\left(3,175 - \frac{l}{p}\right)\left(3 - \frac{l}{p}\right)\right],$$

s'étend ensuite librement vers le sillage, en s'approfondissant au-dessous de la flottaison, à mesure que $\frac{V}{W}$ croît, de 1 vers ∞. Il en résulte que la *poupe*, s'abaissant dans ce creux, fait émerger sa proue de manière à diminuer en conséquence l'accroissement de la résistance R de l'eau à la translation du navire.

2. La discussion des mesures de cette résistance recueillies à Paris dans le bassin d'essai de la marine consacré à cet usage, sur des modèles de carènes de formes usuelles ayant leur section droite à leur milieu et caractérisées par des valeurs de ω *moindres* que $\omega_0 = 0,1832$, m'ont conduit en effet à reconnaître que R croît, dans ce cas, suivant la relation

$$(3)\qquad R = 0,16\Sigma V^2\left\{1 + \left(1 - \frac{W}{V}\right)\left[\frac{2,631\,l}{\sqrt{Lp}}\right]^{\frac{\omega - 0,136}{\omega_0 - \omega}} \times\left[1 - \left(\frac{l}{0,03L}\right)^{1,08}.\sin\pi\frac{\frac{W}{V}}{0,961}.\sin\pi\frac{\frac{W}{V}}{0,708}.\sin\pi\frac{\frac{W}{V}}{0,384}\right]\right\},$$

où le facteur commun 0,16 se rapporte aux carènes *en fer neuf fraîchement peint*, ayant l et L pour largeur principale et pour longueur.

Le facteur exponentiel de cette expression, qui a pour exposant $\frac{\omega - 0,136}{\omega_0 - \omega}$ dans lequel $\omega_0 = 0,1832$, devenant *infini* quand $\omega = 0,1832$, montre qu'elle cesse à cette limite d'être applicable aux carènes ayant pour caractéristique de leur convexité latérale des valeurs de ω moindres que ω_0. C'est donc bien à cette valeur critique de ω qu'a lieu la transition entre les carènes aptes aux plus grandes vitesses et les autres; celles-ci étant empêchées, aux vitesses plus grandes que W, pour les raisons que j'ai indiquées dans ma Note précédente, de prendre, comme les premières, une inclinaison favorable à leur vitesse par la surimmersion de leur poupe et l'émersion correspondante de leur proue.

3. J'ai trouvé que, sur les navires de cette catégorie ($\omega > \omega_0$), la résistance R varie, en effet, avec les valeurs de $\frac{V}{W}$ plus grandes que 1, suivant la

relation

$$(4)\qquad R = 0,16\Sigma V^2 \left\{ 1 + \left(\frac{V}{W} - 1\right) \frac{V^2}{W^2} \left[\frac{2,537\,l}{\sqrt{Lp}}\right]^{4,22} \times \left[1 - 0,7278\frac{W}{V}\left(1 + 0,2773\frac{W}{V}\right)\right]\right\},$$

où l et p sont la largeur principale et la profondeur moyenne de la section droite de Σ. Cette expression diffère essentiellement de la précédente, notamment parce que les valeurs du coefficient $\Psi = \frac{R}{0,16\Sigma V^2}$, de la résistance, qu'on en déduit, tendent vers l'*infini* avec $\frac{V}{W}$, tandis que celles de ce coefficient Ψ, tirées de l'équation (3), tendent vers une *limite finie* se réduisant à 1,79, par exemple, pour *la valeur minimum* $\omega_m = \frac{0,1832}{2} = 0,0916$ de ω.

4. Quant au régime initial des variations oscillatoires de R, *aux vitesses moindres que* W, j'ai reconnu qu'il est défini sur toutes les carènes de formes usuelles, indistinctement, par la relation générale

$$(5)\qquad R = 0,16\Sigma V^2 \left\{1 - A\sin\pi\left(\frac{V^2}{W^2}\right)\left[1 - a\sin\pi\left(\frac{V^2}{W^2}\right) + b\sin^2\pi\left(\frac{V^2}{W^2}\right)\right]\right\},$$

dans laquelle A, a, b sont des constantes de formes satisfaisant aux relations

$$(6)\qquad \begin{cases} A = 0,1837 \left(\frac{l}{p}\right)^{2,72} \left[1 - 0,4278\left(3,175 - \frac{l}{p}\right)\left(2,793 - \frac{l}{p}\right)\right], \\ a = 2,9757\sin 90^\circ\left(\frac{\frac{l}{p}}{2,793}\right)^{2,658}\left[1 + 0,1003\left(3,175 - \frac{l}{p}\right)\left(2,793 - \frac{l}{p}\right)\right], \\ b = 2,11\sin 90^\circ\left(\frac{\frac{l}{p}}{2,793}\right)^{3,196}\left[1 + 0,3512\left(3,175 - \frac{l}{p}\right)\left(2,793 - \frac{l}{p}\right)\right]. \end{cases}$$

C'est dans le régime initial que le coefficient $\Psi = \frac{R}{0,16\Sigma V^2}$ de la résistance atteint son *minimum absolu moindre que* 1, à la vitesse V_m, satisfaisant à la condition $\frac{V_m}{W} = \sqrt{\frac{180^\circ - \varphi_m}{180^\circ}}$ dont l'angle auxiliaire, φ_m, est *la valeur moindre que* 90° donnée par l'équation

$$(7)\qquad \sin\varphi_m = \frac{a}{3b}\left(1 + \sqrt{1 - \frac{3b}{a^2}}\right).$$

Mais ψ passe antérieurement par un *maximum relatif plus grand que* 1, à la vitesse V_M qui satisfait à la condition $\frac{V_M}{W} = \sqrt{\frac{\varphi_M}{180^\circ}}$, dont l'angle auxiliaire φ_M est *la valeur moindre que* 90° donnée par l'équation

$$\sin\varphi_M = \frac{a}{3b}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{3b}{a^2}}\right);$$

V_m est donc *la vitesse la plus économique du navire.*

5. Aux expressions précédentes il faut joindre enfin celle de la surface Σ de la carène, en fonction de sa projection latérale, σ, sur son *plan de dérive*, et celle du volume U, enveloppé par cette surface Σ, qui s'en déduit ensuite.

J'ai trouvé qu'elles sont, pour les carènes de formes usuelles envisagées exclusivement dans cette Note :

$$(9) \qquad \frac{\Sigma}{\sigma} = 1 + \left(\frac{l}{L}\right)^{1 - 0,941\,\omega^{0,234}\left(\frac{p}{\sqrt{\sigma}}\right)^{0,0464}\left(\frac{l}{p}\right)^{0,396}},$$

$$(10) \qquad \frac{U}{\Sigma l} = 0,0272\frac{\sqrt{\sigma}}{p}\left(1 + 2,68\frac{l^4}{L^4}\right) \times\left[1 - 0,3972\left(3,431 - \frac{l}{p}\right)\left(3,175 - \frac{l}{p}\right)\left(2,793 - \frac{l}{p}\right)\right],$$

le terme $2,68\,\frac{l^4}{L^4}$ étant négligeable, sur les carènes usuelles.

Toutes les formules de cette Note ont un caractère de généralité incontestable, car elles s'étendent jusqu'aux limites minima et maxima de la convexité des carènes usuelles : depuis celles où la surface Σ, se confondant avec sa projection latérale, σ, pour $l = 0$, *s'y réduit à un plan;* jusqu'à celles où cette surface revêt au contraire la forme latérale, la plus en relief, d'une *cuvette à lignes d'eau circulaires.*

6. Un rapide examen de cet ensemble d'expressions suffit maintenant à montrer, qu'en dehors du coefficient, ω, *y caractérisant seul le tracé des lignes d'eau de la carène*, elles renferment uniquement : d'une part, les dimensions principales, L, l, p, ayant été assignées, comme limites, à ce tracé, par les conditions de l'avant-projet; et d'autre part, la surface σ *du plan de dérive* lui ayant servi de base, après que l'ingénieur en a profilé l'*étrave* de manière à favoriser la tendance à l'émersion de la proue.

Cet examen conduit en outre à reconnaître, du premier coup d'œil, que,

d'après la place de ce coefficient, ω, dans l'expression de Σ et dans celle (3) de R, les seules où il figure, *plus il est petit, plus il diminue la résistance de l'eau* à la translation de cette surface, *à valeurs égales* de la vitesse V du navire et des données fondamentales, L, l, p, σ, ayant servi de limites et de base au tracé de ses lignes d'eau.

7. En résumé, il se dégage de cet ensemble d'expressions expérimentales les conclusions suivantes :

1° Le tracé des lignes d'eau d'une carène est *d'autant plus favorable à la vitesse du navire*, quelle qu'elle soit, toutes choses égales d'ailleurs, qu'il est *caractérisé par une valeur moindre de son coefficient de convexité latérale*,

$$\omega = \sqrt{\sin \mathrm{I} \sin \mathrm{I}_m}.$$

2° Ce tracé est donc *optimum*, à cet égard, *quand on peut l'effectuer, sans inconvénient, par ailleurs, de façon à réduire son coefficient caractéristique* ω *à son minimum*, $\omega_m = 0{,}0916$, parce qu'il permet alors au plan de flottaison du navire de prendre *l'inclinaison* Θ *la plus favorable à sa vitesse* V, dont l'expression est

$$\sin \Theta = \left(1 - \frac{W^2}{V^2}\right) \sin 4^\circ 18', \tag{11}$$

d'après la formule indiquée dans ma Note précédente en fonction de la distance δ, à l'extrémité de la proue, de la section droite de la carène.

8. Ainsi se trouvent nettement définies les particularités, déconcertantes au premier abord, du régime des variations de la résistance de l'eau à la translation des carènes, en navigation ordinaire, où les actions réflexes des ondes satellites le compliquent au point qu'elles le rendraient impénétrable, sans l'aide des clés W et ω, dont l'objet de ces deux Notes était d'y mettre en lumière la raison d'être et l'utilité.

En présentant un Ouvrage dont il est l'auteur, M. **Lecornu** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie un volume qui vient de paraître dans la Bibliothèque de Philosophie scientifique du Dr G. Le Bon. Son titre est : La Mécanique; *les idées et les faits*. Les événements actuels lui donnent une certaine actualité, car nous assistons au plus formidable déploiement d'énergie mécanique qui ait jamais été réalisé par l'industrie

humaine. D'autre part, les lois newtoniennes, considérées longtemps comme intangibles, semblent menacées par certaines découvertes de la Physique moderne.

Je me suis proposé d'esquisser, sans appareil mathématique, un tableau de l'état de la Mécanique, envisagée à la fois dans ses principes et dans ses applications. La partie théorique fait plus d'une fois appel au sentiment des réalités, c'est-à-dire au sens commun, dont les logiciens, à l'exemple des métaphysiciens allemands, font trop volontiers bon marché. La phrase célèbre de Poincaré : « Il est plus commode de supposer que la Terre tourne » est naturellement l'objet d'une discussion spéciale.

En ce qui concerne les applications, j'ai tâché de mettre en lumière les traits caractéristiques, sans entrer dans des détails qui m'auraient mené beaucoup trop loin.

RAPPORTS.

Rapport sommaire présenté par M. Appell *au nom de la Commission de Balistique.*

La Commission a reçu les travaux suivants :

1° Note de M. Parodi relative à la variation de la densité de l'air avec la hauteur et à ses conséquences balistiques (reçue le 10 juillet 1918).

2° Mémoire intitulé : *Recherches des éléments d'un projectile cylindro-ogival*, par le capitaine Bertin (reçu le 2 septembre 1918).

3° Mémoire de M. Rousier, intitulé : *Étude des trajectoires balistiques dans des conditions spéciales; Tables numériques des fonctions balistiques introduites par ces calculs* (reçu le 10 octobre 1918).

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance :

J. Le Hardonier. *L'éther moteur unique des forces matérielles.* (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Bäcklund.* Note de M. E. GOURSAT.

Note de M. E. GOURSAT.

1. En étudiant certaines transformations des surfaces à courbure totale constante, M. Bäcklund a été conduit à poser le problème suivant, que nous appellerons, pour abréger, *problème de Bäcklund :*

Déterminer deux multiplicités d'éléments de contact $M_2(x, y, z, p, q)$ et $M'_2(x', y', z', p', q')$, *se correspondant élément par élément, de telle sorte qu'entre les éléments correspondants il existe quatre relations distinctes données*

$$(1) \qquad F_i(x, y, z, p, q; x', y', z', p', q') = 0 \qquad (i = 1, 2, 3, 4).$$

Nous laisserons de côté le cas où l'on pourrait déduire de ces quatre relations une ou plusieurs équations ne renfermant que x, y, z, p, q, ou les lettres accentuées. On peut alors remplacer les relations (1) par un système de cinq équations où figure un paramètre auxiliaire u,

$$(2) \qquad x' = f_1(x, y, z, p, q; u), \qquad y' = f_2, \qquad z' = f_3, \qquad p' = f_4, \qquad q' = f_5,$$

ces équations pouvant être résolues par rapport à x', y', z', p', q'. La condition $dz' = p'\,dx' + q'\,dy'$ devient

$$(3) \qquad X\,dx + Y\,dy + Z\,dz + P\,dp + Q\,dq + U\,du = 0,$$

X, Y, Z, P, Q, U étant des fonctions de x, y, z, p, q, u, et le problème de Bäcklund est ramené à trouver les multiplicités intégrales à deux dimensions d'un système de deux équations de Pfaff à six variables,

$$(4) \qquad \begin{cases} dz - p\,dx - q\,dy = 0, \\ X\,dx + Y\,dy + Z\,dz + P\,dp + Q\,dq + U\,du = 0. \end{cases}$$

Tous les résultats connus sur l'intégration de ces systèmes s'appliquent donc au problème de Bäcklund [1]. On sait, d'après les théorèmes généraux, que le système (4) admet une infinité d'intégrales à deux dimensions, et qu'il est en général de *genre deux*. Inversement, à tout système de deux équations

---

[1] Voir, en particulier, le Mémoire de M. Cartan dans les *Annales de l'École Normale*, 3e série, t. 18, 1901, p. 241.

de Pfaff à six variables on peut faire correspondre, d'une infinité de manières, un problème de Bäcklund. La démonstration est facile.

2. L'étude des éléments singuliers d'un système de deux équations de Pfaff à six variables permet de démontrer très aisément que tout système de cette espèce peut, par un changement de variables, se ramener de *deux* (¹) façons différentes à la forme suivante :

$$(5)\qquad \begin{cases} dz - p\,dx - q\,dy = 0, \\ X\,dx + Y\,dy + P\,dp + Q\,dq = 0, \end{cases}$$

X, Y, P, Q étant des fonctions de six variables x, y, z, p, q, u. La recherche des multiplicités intégrales à deux dimensions de ce système se ramène à l'intégration d'une équation aux dérivées partielles du second ordre admettant une famille de caractéristiques du premier ordre. Considérons, en effet, x et y comme les deux variables indépendantes; la fonction $z = f(x, y)$ et ses dérivées partielles doivent satisfaire aux deux conditions

$$(6)\qquad X + Pr + Qs = 0, \qquad Y + Ps + Qt = 0,$$

et l'élimination de u conduit à une équation E du second ordre

$$(7)\qquad F(x, y, z, p, q, r, s, t) = 0,$$

admettant, d'après la façon même dont elle est obtenue, une famille de caractéristiques du premier ordre. A toute intégrale $z = f(x, y)$ de E correspond une multiplicité intégrale à deux dimensions du système (5); les valeurs de p et q sont données immédiatement par les formules

$$p = \frac{\partial f}{\partial x}, \qquad q = \frac{\partial f}{\partial y},$$

et l'expression de u se déduit de l'une ou l'autre des relations (6). Il est clair d'ailleurs que l'équation E n'est définie qu'à une transformation de contact près, et que toute équation du second ordre, qui possède une famille de caractéristiques du premier ordre, peut être obtenue de cette façon.

(¹) Ce résultat a été démontré directement par M. Duport, au moyen d'assez longs calculs (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1900, p. 41). Je laisse de côté certains cas particuliers qui ne se présentent que lorsque les coefficients du système satisfont à certaines relations d'égalité.

Puisque tout système de deux équations de Pfaff à six variables peut, en général, se ramener de deux façons différentes à la forme (5), on voit que la résolution du problème de Bäcklund peut, *en général*, se ramener, de deux façons différentes, à l'intégration d'une équation aux dérivées partielles du second ordre ayant une famille de caractéristiques du premier ordre. Les intégrales de ces deux équations se correspondent *une à une* par une transformation de Bäcklund B_1, ce qui conduit au théorème suivant :

A. *De toute équation aux dérivées partielles du second ordre, ayant deux systèmes de caractéristiques distincts, dont l'un est du premier ordre, on peut déduire, par une transformation* B_1 *correspondant à cette famille de caractéristiques, une autre équation de même espèce et une seule* (1), si l'on ne considère pas comme distinctes deux équations qui se ramènent l'une à l'autre par une transformation de contact. On détermine cette transformation B_1 en ramenant une expression de Pfaff à sa forme canonique.

Pour une équation de Monge-Ampère, ayant ses deux systèmes de caractéristiques distincts, il existe aussi *deux* transformations B_1 distinctes, qui ne conduisent pas en général à des équations de Monge-Ampère.

3. L'intégration d'un système de deux équations de Pfaff à six variables peut, dans certains cas, se ramener d'une autre façon à l'intégration d'une équation de Monge-Ampère, E′, de telle façon qu'à une intégrale de E′ correspondent une infinité d'intégrales, dépendant d'une constante arbitraire, des deux équations E, E_1, définies plus haut, tandis qu'à une intégrale de E, par exemple, correspond une seule intégrale de E′. On passe alors de l'équation E à l'équation E′ par une transformation B_2.

Si l'on peut ramener ainsi de deux façons différentes l'intégration du système de Pfaff à l'intégration d'une équation de Monge-Ampère, ces deux équations E′, E″ se correspondent par une transformation de Bäcklund B_3.

On déduit aisément de ce qui précède les deux propositions suivantes :

B. *Si une équation de Monge-Ampère, ayant ses deux familles de caractéristiques distinctes, provient d'une transformation* B_2 *relative à l'un des systèmes de caractéristiques, elle peut aussi être obtenue, en général, par une transformation* B_2 *relative au second système de caractéristiques.*

---

(1) J. Clairin avait démontré dans sa Thèse que, si cette transformation B_1 existe, elle est unique, abstraction faite d'une transformation de contact; mais on n'avait pas encore démontré, je crois, que *cette transformation existe toujours*, ce qui généralise, autant que la chose est possible, la célèbre transformation de Laplace.

C. *Toute transformation* B_3 *peut en général être obtenue de deux façons différentes par une combinaison de deux transformations* B_2.

Les autres questions que l'on peut se proposer sur les transformations de Bäcklund se ramènent aussi à l'étude de questions relatives aux systèmes de deux équations de Pfaff à 6 variables, où interviennent les propriétés des éléments singuliers de ces systèmes.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les variétés de Riemann à trois dimensions.* Note [1] de M. E. Cartan, présentée par M. P. Appell.

Étant donné un espace euclidien à n dimensions, je dirai qu'une variété à trois dimensions située dans cet espace est une variété de Riemann si son ds^2 est de courbure constante et égale à $+1$, ou encore si elle est applicable sur l'espace non euclidien elliptique à trois dimensions de courbure 1.

Le réseau asymptotico-isotrope intervient ici comme dans la théorie des variétés de Beltrami. La variété plane (R) se définit d'une manière analogue mais en substituant à l'hypersphère de centre M et de rayon $\sqrt{-1}$ l'hypersphère de centre M et de rayon 1; cette variété plane est encore le lieu des extrémités des vecteurs d'origine M égaux aux courbures normales des courbes tracées sur la variété. Les définitions du plan tangent principal et du centre de courbure principal ne sont pas à modifier.

D'après ce qui a été dit sur les variétés de Beltrami, il est bien évident qu'on aura une variété de Riemann dès qu'il existera h' plans tangents principaux réels, tels que les h' centres de courbure principaux correspondants soient conjugués deux à deux par rapport à l'hypersphère de centre M et de rayon 1. Mais *cette condition, qui est suffisante, n'est plus nécessaire*. D'abord il peut arriver que deux des plans principaux soient imaginaires conjugués. Ensuite, et ce qui est plus intéressant, *il peut arriver que le réseau asymptotico-isotrope n'admette pas des cônes de base se réduisant tous à des plans doubles*.

Ces cas exceptionnels sont les suivants :

1° Le réseau asymptotico-isotrope se réduit au cône isotrope; on a alors $n = 4$ et la variété est une hypersphère de rayon 1.

---

[1] Séance du 7 octobre 1918.

2° Le réseau asymptotico-isotrope est formé de cônes de révolution ayant un axe MΘ donné ($h' = 3$); les variétés correspondantes dépendent de $n - 2$ fonctions arbitraires d'un argument. Il y a une famille de surfaces caractéristiques, qui sont des surfaces principales (normales à MΘ), et ces surfaces principales sont des sphères situées chacune dans un espace à trois dimensions.

3° Le réseau asymptotico-isotrope admet, comme cônes de base, d'abord un cône homofocal à un système de deux droites rectangulaires et deux plans doubles tangents à ce cône et perpendiculaires au plan de ces deux droites. On a $h' = 3$, avec deux plans tangents principaux et deux familles de surfaces principales. Les variétés correspondantes dépendent d'une fonction arbitraire de deux arguments.

Dans le quatrième et le cinquième cas, h' est égal à 4, et il y a respectivement trois et deux plans tangents principaux avec autant de familles de surfaces principales.

Enfin dans le sixième cas ($h' = 4$), le réseau asymptotique est formé des cônes qui admettent un plan tangent donné (Π) comme plan de sections circulaires; il y a un plan tangent principal, qui est (Π). Il existe une famille de surfaces principales formées de sphères comme dans le deuxième cas. Le lieu des extrémités des courbures normales est une surface du second ordre tangente à la sphère de centre M et de rayon 1 située dans l'hyperplan à trois dimensions (R). Le seul cas où n étant égal à 6, cette surface du second ordre soit égale à elle-même en tous les points de la variété, est celui où la variété a pour équations

$$\begin{aligned} x_1 &= \xi_1 \sin w \cos w, \\ x_2 &= \xi_2 \sin w \cos w, \\ x_3 &= \xi_3 \sin w \cos w, \\ x_4 &= \xi_1 \sin^2 w, \\ x_5 &= \xi_2 \sin^2 w, \\ x_6 &= \xi_3 \sin^2 w, \end{aligned}$$

où ξ_1, ξ_2, ξ_3 sont des fonctions de u, v liées par la relation

$$\xi_1^2 + \xi_2^2 + \xi_3^2 = 1.$$

Cette variété est engendrée par des sphères ayant pour centre l'origine des coordonnées; leurs trajectoires orthogonales sont des circonférences de diamètre 1.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Borrelly, faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Lyon.* Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1918.	Temps moyen de Lyon.	✶. — ★. Δα.	Δδ.	Nombre de compar.	α apparente.	Log. fact. parall.	δ apparente.	Log. fact. parall.	★
Oct. 1er..	14h51m37s	—0m 2s,40	+ 4′52″,5	8: 8	5h38m32s,17	—9,340	—9°32′35″,3	+0,848	a
» 3...	15.13.37	—0. 6,52	+ 0. 5,8	12:12	5.42.32,01	—9,248	—9. 5.53,7	+0,849	b

Positions des étoiles.

★.	α moyenne. 1918,0.	Réduction au jour.	δ moyenne. 1918,0.	Réduction au jour.	Autorités.
a........	5h38m31s,20	+3s,37	—9°37′39″,3	+11″,5	A.G. Vienne-Ott., 1606
b........	5.42.35,11	+3,42	—9. 6.10,4	+10.9	B.D. — 9.1227, rapportée à c
c........	5.41.53,38		—9. 2. 7,9		A.G. Vienne-Ott., 1625

Remarques. — 1er octobre : Images instables, diffusion assez forte. La comète présente une nébulosité à bords vagues, d'environ 20″ de diamètre, avec condensation centrale; éclat total 10,5-11e.

3 octobre. — Ciel plus pur, mais la comète est moins visible, à cause, sans doute, de la diffusion qui est plus forte.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Une marée électrique dans le sol, dérivée de la marée océanique.* (Observations faites d'octobre 1917 à août 1918 à l'observatoire Saint-Louis, à Jersey.) Note de M. **Marc Dechevrens**, présentée par M. Branly.

Les deux réseaux de tubes de fer souterrains qui amènent le gaz et l'eau à l'observatoire, branchés sur un galvanomètre sensible, témoignent de l'existence dans le sol d'une force électromotrice de 0,1 volt dont les variations ont été enregistrées photographiquement pendant ces deux dernières années. Dix mois (octobre 1917-août 1918) ont été utilisés tout particulièrement pour l'étude du phénomène.

Le courant subit manifestement une action de la Lune, non directement, mais par dérivation de la marée océanique. En effet :

1. Deux fois chaque jour le voltage prend une valeur maximum et deux fois une valeur minimum : les deux oscillations sont à peu près égales, comme les deux oscillations du niveau de la mer.

2. La variation entière est achevée en 25 heures environ de temps solaire; les maxima et les minima pour un jour donné sont enregistrés 50 minutes plus tard que la veille. C'est le retard quotidien des passages de la Lune au méridien; c'est le retard quotidien de la marée.

3. Si c'est réellement le mouvement des eaux de la mer qui est à l'origine du courant électrique observé, on ne doit pas s'attendre à trouver le maximum du voltage en concordance avec la pleine mer. Tout bien considéré même, le maximum de force électromotrice semble lié plutôt avec la basse mer qu'avec la pleine mer et il devancerait de 2 heures la basse mer.

4. Le maximum d'attraction sur les eaux de la part du Soleil et de la Lune agissant de concert a lieu à la nouvelle Lune équinoxiale. A Jersey, la plus haute mer, qui en est la conséquence, n'est produite qu'après un intervalle moyen de 40 heures 30 minutes. Il se trouve que la plus grande variation de la force électromotrice, à cette même époque, s'enregistre comme un minimum de voltage 38 heures 30 minutes environ après la nouvelle Lune, ou 2 heures avant la plus grande marée de l'année.

5. L'établissement du Port à Jersey est de 6 heures 18 minutes. C'est l'intervalle qui sépare le moment de la pleine mer de l'heure du passage de la Lune au méridien le premier jour de la lunaison. La phase du courant électrique la plus rapprochée de ce passage comme de la pleine mer est le minimum de l'après-midi ce jour-là : il est enregistré à 16^h, c'est-à-dire 2 heures 18 minutes avant la pleine mer.

6. A Jersey, pendant le développement de la marée, la mer *monte* pendant 5 heures 40 minutes et descend pendant 6 heures 40 minutes. Avec le courant électrique, les intervalles de temps les plus en accord avec ceux de la marée sont 5 heures 15 minutes pour la *diminution* du voltage et 7 heures 18 minutes pour son accroissement.

Donc, de toutes manières, il convient de chercher les causes qui créent la force électromotrice observée, dans les mouvements de la mer qui produisent ou accompagnent sa dépression.

7. La théorie des marées prévoit une inégalité semi-mensuelle dans les retards quotidiens de la pleine mer sur la Lune. A Jersey le retard augmente aux syzygies et diminue aux quadratures, respectivement de

+ 66 minutes à la P. L. et − 54 minutes au P. Q. Une même inégalité affecte les retards du minimum du courant correspondant, respectivement + 58 minutes à la P. L. et − 66 minutes au D. Q.

8. Les moyennes amplitudes de la double oscillation diurne de la marée et du courant électrique sont ensemble les plus grandes deux ou trois jours après les syzygies et les plus petites deux ou trois jours après les quadratures.

Les particularités essentielles de la marée électrique ont été résumées dans le Tableau suivant :

Variations du courant tellurique (sous terre) pendant la lunaison.

(Heures solaires écoulées entre deux passages de la Lune au méridien supérieur.)

L'unité est le dix-millième de volt.

Intervalles horaires.	N. L. — 1er secteur.	2e sect.	P. Q. — 3e sect.	4e sect.	P. L. — 5e sect.	6e sect.	D. Q. — 7e sect.	8e sect.	Moyennes.
Passage supér.	61	57	30	32	45	33	33	22	40
1...........	40	28	7	25	37	7	8	7	22
2...........	−5	−18	−22	7	4	−31	−24	−11	−11
3...........	−47	−56	−43	−11	−35	−60	−43	−23	−39
4...........	−62	−71	−43	−31	−59	−65	−44	−25	−51
5...........	−51	−57	−33	−35	−58	−49	−30	−21	−43
6...........	−27	−27	−20	−29	−38	−25	−13	−14	−25
7...........	−3	−9	−5	−17	−15	0	4	−4	−7
8...........	14	13	11	−6	5	21	18	9	10
9...........	27	21	22	7	21	38	27	18	22
10...........	40	36	32	16	34	47	30	25	32
11...........	51	44	35	26	45	53	28	31	39
Passage infér.	52	37	24	31	46	47	26	33	38
13...........	28	43	15	19	42	33	23	20	28
14...........	−2	6	−14	8	26	2	−4	1	3
15...........	−41	−35	−38	−7	−9	−35	−34	−18	−27
16...........	−67	−65	−45	−22	−41	−60	−49	−29	−49
17...........	−69	−69	−37	−33	−59	−58	−45	−32	−52
18...........	−51	−51	−22	−29	−54	−35	−22	−31	−38
19...........	−28	−24	−3	−16	−34	−12	−11	−24	−19
20...........	−4	4	15	−4	−8	6	3	−7	0
21...........	16	30	27	5	11	22	14	8	20
22...........	31	50	34	14	23	34	27	19	29
23...........	45	61	39	22	33	42	35	25	38
24...........	57	64	39	29	40	43	40	27	43
Moyen voltage.	0,1032	0,1039	0,1004	0,1021	0,1031	0,1027	0,1018	0,1010	0,1024

De tout ce qui précède on peut supposer qu'il doit exister, au moins sur tous les rivages du globe, une marée électrique souterraine dérivée de la marée océanique et qui en reproduit les particularités essentielles.

BOTANIQUE. — *L'appareil conducteur des feuilles des Saxifragacées.* Note (¹) de M. F. MORVILLEZ, présentée par M. Guignard.

Les caractères de l'appareil conducteur des feuilles (²) des différentes Saxifragacées correspondent très sensiblement à la division en tribus que la morphologie a permis d'établir.

I. SAXIFRAGÉES. — 1° *Hoteia* (*H. japonica* Dcne). — Les faisceaux sont disposés suivant un cercle. Au niveau de l'émission des rachis latéraux, la trace foliaire présente (*fig.* I), de chaque côté, trois régions plus saillantes vers l'extérieur (m, e^a, e^p), d'où partent les éléments qui se rendent dans ces ramifications latérales.

2° *Saxifrages* de la section *Bergenia* (*S. crassifolia* L.). — Les éléments plus intérieurs (*fig.* II : i^a, i^p) qui limitent en avant et en arrière la région d'émission moyenne (e^a) sont repoussés de plus en plus vers la surface de symétrie de l'organe et s'unissent avec ces formations symétriques du côté opposé. Ce système intérieur tend à se fragmenter en trois anneaux plus ou moins complètement fermés.

Dans ces deux exemples de *Saxifragées* à carpelles indépendants, la feuille reçoit de la tige un nombre de faisceaux variable, mais généralement assez élevé.

3° *Heuchera*, *Tellima*, *Chrysosplenium*, la plupart des *Saxifrages*, d'une manière générale *Saxifragées à ovaire plus ou moins infère...* — La feuille reçoit de la tige un à trois faisceaux; dans ce dernier cas, les faisceaux se juxtaposent bord à bord. Dans le pétiole, la trace foliaire est constituée par un à trois faisceaux disposés suivant un arc de cercle plus ou moins fermé en avant. Les premières nervures sont constituées aux dépens des extrémités libres de la trace foliaire qui s'écartent toujours au sommet du pétiole.

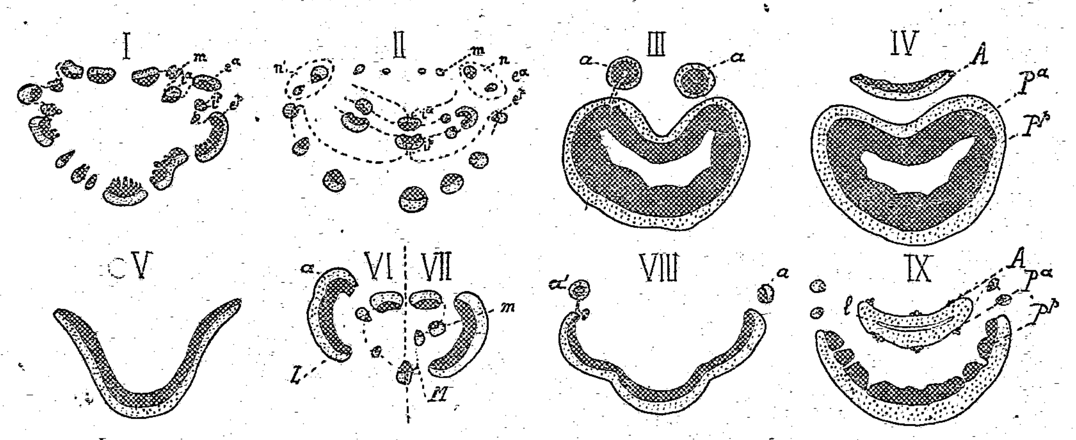
II. BREXIÉES (*Brexia*, *Ixerba*). — Les trois pièces provenant de la tige, après s'être constituées chacune en systèmes fermés, se fusionnent, à la base du pétiole, en

---

(¹) Séance du 7 octobre 1918.

(²) L'appareil conducteur de la feuille des Saxifragacées a été étudié par M. Petit (1887) dans son travail d'ensemble sur le pétiole, par M. Thouvenin (1890) dans un Mémoire sur l'Anatomie des Saxifragacées; certains types ont été décrits incidemment par M. Bouygues (1902). Nous avons laissé de côté, dans cette Note, les types *microphylles* où la trace foliaire est réduite à un faisceau.

un anneau unique. En avant, à droite et à gauche, se détachent deux boucles qui constituent deux anneaux antérieurs (*fig.* III, *a*, *a'*); ces derniers s'unissent à un niveau plus ou moins élevé du pétiole. Dans la région médiane de la nervure, le système antérieur est représenté par un faisceau large (*fig.* IV, A).



Sections transversales de l'appareil conducteur des feuilles des Saxifragacées.

Fig. I, *Hoteia japonica* Dcne (sommet du pétiole) : *m*, région marginale; e^a, pli externe antérieur; e^p, pli externe postérieur; i^a, pli interne antérieur; i^p, pli interne postérieur. — Fig. II, *Saxifraga crassifolia* L. (id.) : mêmes notations; *n*, *n'*, faisceaux provenant des dernières nervures droite et gauche. — Fig. III, *Brexia heterophylla* Boy. (id.) : *a*, *a'*, anneaux antérieurs droit et gauche. — Fig. IV, *Brexia heterophylla* (milieu de la nervure principale) : A, système antérieur; P^a, système antérieur de l'anneau postérieur; P^p, partie postérieure de l'anneau postérieur. — Fig. V, *Polyosma mutabilis* Bl. (sommet du pétiole). Fig. VI, *Ceratopetalum apetalum* Don. (côté gauche de la base du pétiole) : L, pièce latérale venant de la tige; *a*, région où se forme l'anneau antérieur gauche. — Fig. VII, *Pancheria alaternoides* var. *lanceolata* Guill. (côté droit de la base du pétiole); M, faisceau médian venant de la tige; *m*, faisceau médullaire. — Fig. VIII, *Philadelphus coronarius* L. : *a'*, anneau antérieur gauche qui vient de se former; *a*, faisceau antérieur droit. — Fig. IX, *Hydrangea nivea* Michx (sommet du pétiole) : mêmes notations que pour la figure IV; *l*, indication d'une division de la masse libérienne en deux régions.
Le bois a été figuré par une teinte noire uniforme, le liber par un pointillé.

III. Francoées (*Francoa*). — Ce sont des types herbacés; la trace foliaire possède des faisceaux distincts; l'arc antérieur est représenté à droite et à gauche par un fascicule fermé.

IV. Escalloniées (*Ecallonia*, *Polyosma*, *Itea*, *etc.*). — La trace foliaire est constituée par trois faisceaux sortant de la tige qui se soudent bord à bord; elle est largement ouverte en avant (*fig.* V).

V. Ribésiées. — La trace foliaire a le même mode de formation que chez les *Escalloniées*. Les bords libres se rapprochent jusqu'à se toucher dans la région moyenne du

pétiole, mais s'éloignent de nouveau au sommet. Les faisceaux des nervures se détachent des extrémités de la chaîne.

VI. Cunoniées. — Un système antérieur, constitué par deux anneaux fermés, comme chez les Brexiées, se différencie très bas, aux dépens de la région antérieure des faisceaux latéraux (*fig.* VI, *a*) venus de la tige. Tantôt ces anneaux restent indépendants (*Cunonia capensis* L.), tantôt ils se soudent en un anneau unique (*Belangera speciosa* Cambess.). Dans certains cas, ils ne sont représentés que par deux faisceaux très petits ou par deux saillies symétriques de la chaîne; le système postérieur présente de plus, dans le genre gessois, l'indication d'une région plus interne qui le subdivise, d'où trois régions plus saillantes vers l'extérieur (comme chez les Saxifragées du type *Hoteia*). Dans le groupe des *Codiées* (qui présentent une tendance à l'inferovarie), les systèmes antérieurs ne se différencient plus, mais on constate dans le genre *Pancheria*, l'existence de systèmes médullaires (m, m') formés aux dépens de la pièce médiane venant de la tige (*fig.* VII).

VII. Philadelphées (*Philadelphus coronarius* L.). — La trace foliaire est largement ouverte en avant, mais les systèmes antérieurs (*fig.* VIII, *a*) s'en détachent par deux boucles (a') comme chez les *Cunoniées* et les *Brexiées*; l'anneau ainsi formé s'ouvre presque au même niveau.

VIII. Hydrangées (*Hydrangea*). — La région postérieure est constituée par un arc libéro-ligneux très développé; en avant la trace est plus ou moins complètement fermée par un massif composé presque exclusivement d'éléments libériens (*H. Hortensia* Dc.) dans lequel pourtant les auteurs ont reconnu des éléments ligneux sans être d'accord sur la place qu'ils occupent. Chez *H. nivea* Michx. ce massif présente nettement (*fig.* IX), sur sa face antérieure et sur sa face postérieure, des éléments ligneux et l'indication dans sa région médiane d'un plan de clivage horizontal. La partie supérieure (A) correspond au système supérieur des Codiées (*fig.* V, A), sa partie inférieure (P^a) à la région antérieure de leur anneau postérieur. Cette dernière région est représentée chez le *Schizophragma hydrangeoides* Sieb. et Zucc. par des éléments ligneux et libériens bien développés, à la région antérieure desquels sont accolés des fascicules libériens représentant le système antérieur.

Conclusions. — 1° Chez les Saxifragacées, dans les tribus à *ovaire généralement supère* (*Brexiées*, *Cunoniées*) et, dans ces tribus mixtes, les formes à *ovaire supère* (*Hoteia*, *Saxifrages* de la section *Bergenia*) présentent des traces foliaires dont les diverses régions sont les mieux caractérisées, les plissements les plus accentués et parfois les plus nombreux.

b. Dans les tribus à *ovaire généralement infère*, la trace foliaire tend à se réduire à un arc simple; dans la série des tribus à feuilles opposées (*Philadelphées*, *Hydrangées*), on saisit encore les vestiges des types d'organi-

sation précédents; dans celle des tribus à feuilles isolées (*Escalloniées*, *Ribésiées*), on ne retrouve plus ces vestiges.

2° En dehors de certains caractères que l'on retrouve chez les *Légumineuses* (système antérieur), c'est surtout avec la trace foliaire des *Rosacées*, par les *Spirées* de la section *Aruncus* que celle des *Saxifragacées*, notamment des *Hoteia* et par là des *Saxifrages* de la section *Bergenia*, présentent les affinités les plus marquées. D'autre part, chez les types à ovaire infère de la famille des *Rosacées*, la trace foliaire tend à se réduire à un arc ouvert, comme chez les Saxifragacées à ovaire infère.

ANTHROPOLOGIE PÉDAGOGIQUE. — *Intérêt pédagogique des lois de croissance* (²). Note de M. **Paul Godin**, présentée par M. Edmond Perrier.

La croissance de l'organisme humain est un progrès continu dont la condition est le mouvement.

Le mouvement organique, qui est un mouvement objectivé, se trouve soumis à la *loi des alternances* (¹).

Les alternances garantissent le repos et la récupération de l'énergie. Le repos est obtenu par un changement de sens du travail et non par sa cessation. Il n'en va pas autrement pour les grandes alternances péripubertaires (²).

Les alternances se produisent spontanément d'après un rythme réglé sur la quantité et non sur le temps du fonctionnement.

Le mouvement de croissance a pour objet le développement de l'organisme dans son complet déploiement. Cet objectif ne se réalise qu'autant que les alternances ont leur rythme normal.

La normalité du rythme des alternances a pour condition l'*association fonctionnelle*, c'est-à-dire le fonctionnement des organes en coopération physiologique, laquelle garantit l'intégralité, la plénitude du développement et de l'activité de chaque organe; tandis que la *dissociation fonctionnelle* rompt la normalité des alternances, entraîne la fatigue, prive du rendement maximum et par conséquent entrave le progrès.

(¹) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 99.

(²) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1782; *Bulletin de l'Académie de Médecine*, séance du 27 juin.

L'action seule détermine le fonctionnement associé et intégral.

Une pédagogie, manœuvrant en dehors de ces données qui émanent de la nature, aurait toutes chances de se tenir extérieure à la nature de l'enfant, de ne la point pénétrer, et, si elle faisait effort pour la pénétrer, de la voir se dresser contre elle.

Une pédagogie, s'inspirant au contraire de l'enseignement dû à la croissance, est bien près d'être une pédagogie naturelle.

Je vais essayer de l'esquisser :

1° La pédagogie naturelle visera la plénitude du développement et de l'activité fonctionnelle de chaque organe.

2° Elle la recherchera dans le fonctionnement associé et non dans la dissociation fonctionnelle, qui désorganise.

3° Elle assurera ainsi la normalité du rythme des alternances, condition de la durée pour tout ce qui vit.

4° La pédagogie naturelle sera une pédagogie de mouvement, c'est-à-dire une *pédagogie d'action*.

5° Les périodes de la pédagogie d'action sont tracées par les grandes alternances de l'évolution de croissance. A la phase prépubère répondra une phase de généralisation éducative, tandis qu'à la phase postpubère répondra la phase de spécialisation.

6° Pendant la première, la pédagogie d'action cultivera intégralement la totalité de l'organisme. Pendant la seconde, elle coordonnera les activités organiques de façon que toutes apportent leur concours à celle d'entre elles qui est sollicitée directement, évitant que la spécialisation ne devienne un rétrécissement du champ de l'activité.

7° La *pédagogie d'action* généralisatrice puis spécialisatrice, réalisera et maintiendra ainsi l'*activité supérieure* qui, simultanément, donne satisfaction à l'organisme et répond aux exigences de l'évolution économique.

8° Ceci s'applique à la spécialisation, dans quelque domaine qu'elle s'exerce, domaine de la pensée pure, qui est la *créatrice d'action*, ou domaine de la pensée appliquée, qui est l'action même.

9° La pédagogie, instruite de ses *principes généraux* par *le développement de l'enfant en général*, c'est-à-dire de l'enfant *moyen*, le sera de *leur application à chaque cas particulier, par le développement de chaque enfant*, développement que figure la *fiche scolaire* [1] à travers les semestres successifs de la période de croissance.

---

[1] *La Fiche scolaire* (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 381).

PHYSIOLOGIE. — *Les lois du travail féminin et de l'activité cérébrale.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Edmond Perrier.

Le travail physique de la femme possède des caractéristiques parfaitement définies. Les expériences suivantes ont pour but de les mettre en évidence, et aussi d'appuyer une théorie nouvelle de l'activité du cerveau.

I. *Travail à la lime.* — Une ouvrière d'usine, âgée de 28 ans (Mlle G. Al.), s'exerce pendant un quart d'heure à la lime dynamographique (¹). On enregistre ainsi tous ses efforts, et les courbes de sa respiration. On mesure, d'autre part, la dépense d'énergie que ce travail nécessite, en évaluant la consommation totale d'oxygène respiré.

La cadence des mouvements, de 70 coups de lime par minute chez l'homme normal, n'est que de 40 chez Mlle G., et c'est une moyenne. L'effort déployé par les deux bras, au lieu d'être de 16^{kg}, atteint seulement la moitié. De sorte que le rendement, l'effet utile se trouve réduit à 30 pour 100 environ; rares les ouvrières qui fournissent 40 à 50 pour 100. On constate, au surplus, que la respiration est à phase expiratoire prolongée, ce qui est l'indice d'une menace d'essoufflement. L'oxygène n'est pas absorbé dans la proportion nécessaire, ce qui compromet la défense de l'organisme.

II. *Travail à la varlope.* — Au moyen de la varlope inscrivante, on enregistre des courbes de travail et de fatigue qui conduisent exactement aux mêmes conclusions. L'effort nécessaire étant de 20^{kg}, on n'en obtient que 10 à 12. Mais nous noterons que l'ouvrière s'adapte un peu à l'usage de la varlope, parce qu'elle y trouve une prise plus commode que sur la lime.

Malgré cela, la manœuvre de ces deux outils est trop pénible pour qu'elle ne soit pas à interdire aux femmes.

III. *Endurance et fatigue.* — Avec le chirographe, on fait tracer, par flexions et extensions d'un doigt, le diagramme de fatigue, à la cadence de 30 mouvements par minute; et l'on inscrit la *courbe d'endurance*. Dans le premier cas, on soutient un effort alternatif de 1^{kg},500; dans le second, c'est un effort constant de 3^{kg},500 produit par le doigt complètement fléchi.

Il résulte de ce double tracé :

1° Que le travail féminin, poussé aux limites physiologiques de la fatigue, et quand il n'a rien d'excessif ni comme force ni comme vitesse, représente 50 à 55 pour 100 du travail de l'adulte mâle. Mais le diagramme est rapidement décroissant; il accuse un épuisement plus prononcé. La flexion est plus brève que l'extension, c'est-à-dire que la *volonté de l'effort* est absente.

(¹) Sur toute cette technique, décrite déjà dans les *Comptes rendus*, consulter notre Livre : *Organisation physiologique du travail* (Paris, 1917; Dunod et Pinat, éditeurs).

2° Que l'endurance est, elle aussi, très faible en valeur absolue, et sujette à des à-coups, à des intermittences d'action; l'excitation motrice subit des oscillations, des hauts et des bas caractéristiques.

IV. *Attention.* — Les inégalités de l'effort musculaire sont déjà significatives, d'une attention peu soutenue. On s'en rend mieux compte en examinant la respiration de l'ouvrière durant qu'elle s'exerce à la manivelle du cycle ergométrique, ne surmontant qu'une légère résistance. En effet, les tours de roue du cycle sont précipités, mais mal réglés, on les enregistre électriquement; les intervalles du tracé ne sont pas tous égaux. Et ce qui est plus frappant, les respirations marquent des arrêts, des pauses où se trahit la *distraction*. Visiblement, les centres nerveux, assiégés par les appels de la sensibilité, ne guident pas constamment le travail.

Toutefois, nous n'avons rien observé de particulier touchant les temps de réaction visuels, auditifs ou tactiles, mesurés au psychographe ([1]). Ces réactions *isolées* ne révèlent pas la fatigue d'attention de la femme; il y faut la continuité, la répétition jointes à la réflexion.

D'autres expériences nous avaient, d'ailleurs, fait admettre que, dans tout travail qui n'est pas habituel aux femmes, qu'elles ne peuvent pas effectuer *automatiquement*, sans effort tenace physique ou psychique, il y a intermittence de la volonté, de l'action nerveuse, et manque d'attention.

Ainsi, pour les manœuvres pénibles ou compliquées, ou qui supposent l'initiative, la décision, la patiente application de l'esprit, il est physiologiquement contre-indiqué de recourir aux femmes. La fatigue musculaire ou nerveuse limiterait leur production, et porterait à leur santé les plus graves préjudices.

Tout prouve, au contraire, que seules leur conviennent les professions où l'effort est médiocre, et interrompu par de fréquents repos.

Ces observations nous suggèrent une *théorie nouvelle de l'activité cérébrale*.

L'énergie que dépensent les centres nerveux est maintenue à un niveau à peu près invariable grâce aux combustions intraorganiques, c'est-à-dire à l'intensité des échanges respiratoires. Les phénomènes chimiques entretiennent *l'état vibratoire* qui caractérise, on le sait ([2]), l'énergie nerveuse. Ces vibrations ne s'amortissent que par les toxines de la fatigue, ou les excitations du dehors, lesquelles engendrent un frottement intérieur de nature inconnue. Remarquons que, dans ce dernier cas, les sollicitations pourraient fort bien correspondre au rythme propre des centres nerveux,

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 1052.

([2]) Diverses recherches (Schäffer, Griffiths, Richet) ont montré que la fréquence de ces vibrations est de 15 par seconde, en moyenne; elle s'élève à 50 environ (Piper, Foa) dans la contraction tétanique, celle de la courbe d'endurance.

et constituer avec lui une *résonance* favorable aux fonctions de relation [1]. C'est ce que produisent, notamment, certains sons et couleurs, ou la présence de personnes qualifiées de *sympathiques*. Il semble que la sympathie ne soit autre chose que l'accord mystérieux des états nerveux.

Or, la sensibilité de la femme étant beaucoup plus vive que celle de l'homme, le monde extérieur retentit plus souvent et plus fortement, comme on l'a vu, sur ses échanges respiratoires, sur son travail cérébral; il règle le cours de ses énergies physique et psychique.

Il n'en est pas de même chez l'homme; sa relative indépendance à l'égard des excitations du dehors lui laisse plus d'empire sur ses desseins et ses actes, sur ses idées et ses volitions.

Telle serait, croyons-nous, la raison profonde, essentielle qui devrait faire réserver au sexe mâle tout travail tenace et original, à l'autre sexe les occupations qui souffrent la discontinuité ou l'automatisme.

Nous éliminons l'influence, assurément appréciable, de *l'habitude*, et les dispositions individuelles extraordinaires. Elles s'observent jusque dans la nature inanimée : des fibres de bois ou des plaques minces, dans plusieurs instruments de musique, répondent à toutes les vibrations. C'est exceptionnel.

Et nous concluons :

Que la courbe d'endurance de la femme est basse et ondulée, procédant par à-coups; le travail physique représente à peine 40 *pour* 100 *de celui de l'homme; il est irrégulier et dépourvu de continuité, à cause de l'intermittence inévitable de l'activité cérébrale; en général il doit être peu pénible, quasi automatique, coupé par de fréquents repos, et plus en harmonie avec la sensibilité qu'avec la volonté et la raison abstraite.*

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *L'intoxication par les plaies de guerre. Pathogénie du shock.* Note de MM. **P. Duval** et **A. Grigaut**, présentée par M. Quénu.

Orientés par une hypothèse émise dès 1916 par M. Quénu (et corroborée depuis par des faits cliniques), hypothèse qui fait dériver le shock d'une intoxication par résorption de produits d'origine albuminoïde résultant de

---

(1) Le principe de la résonance est que tout corps absorbe les vibrations qu'il lui est possible d'émettre.

l'écrasement des tissus, nous avons entrepris des recherches dans le but de mettre en évidence l'agent causal de cette intoxication.

A l'état normal, les cellules de l'organisme retiennent emmagasinée une quantité notable de substances azotées non protéiques, à un taux bien supérieur à celui du plasma. C'est ainsi que dans les muscles ce taux est de $3^g,30$ pour 1000^g, c'est-à-dire 14 fois supérieur à celui du plasma. Ces substances sont pour la plupart éminemment dialysables et leur rétention dans la cellule n'est possible qu'à la faveur d'un processus actif de la membrane cellulaire. Dans le cas du muscle, la membrane ne laisse passer ces substances dans le sang qu'au delà d'un seuil déterminé, voisin de $3^g,30$ pour 1000 et qu'en raison de sa fixité on peut appeler *le seuil normal d'excrétion azotée de la cellule musculaire*.

Sous l'influence du traumatisme, le seuil d'excrétion de la cellule musculaire est abaissé et une partie importante de la réserve azotée de la cellule est libérée et passe dans le sang. Les nombreux dosages que nous avons faits sur les tissus des plaies de guerre nous ont permis chaque fois de constater une diminution de la teneur en azote non protéique du tissu lésé, concurremment à une augmentation dans le sang. Cette diminution n'est pas limitée à l'endroit du traumatisme, mais frappe également, bien qu'à un degré moindre, les tissus voisins. Le traumatisme semble ainsi avoir pour premier effet l'inhibition du fonctionnement de la membrane cellulaire qui laisse alors passer dans la circulation des cristalloïdes retenus. Ce n'est que plus tard et secondairement qu'interviennent les processus fermentatifs et microbiens. Mais la cause première et généralement unique de l'intoxication dans les grands traumatismes est la mobilisation des réserves azotées tissulaires et leur apparition dans le sang. C'est cette apparition rapide, qui provoque la leucocytose intense et précoce, que P. Brodin et Fr. Saint-Girons ont constatée chez les grands blessés.

Par des dosages chimiques, nous avons pu saisir directement le passage de ces substances dans le sang. Chez le blessé de guerre, l'azote total non protéique est dans la règle augmenté, mais cette augmentation est toujours restreinte et ne s'élève que rarement, en dehors de l'état de shock, à des chiffres doubles de la valeur normale.

Chez les blessés shockés, au contraire, il est exceptionnel de rencontrer des chiffres qui ne soient pas de beaucoup supérieurs au double de la valeur normale de ces substances.

L'évolution générale de la courbe des substances azotées dans le sang des shockés est différente selon que le blessé s'achemine vers la mort ou vers la

guérison. Lorsque le blessé doit guérir, l'azote total non protéique un instant très augmenté revient progressivement à la normale; la courbe est au contraire régulièrement ascensionnelle et l'azote total non protéique du sang ne cesse de croître lorsque le blessé doit succomber.

Par son taux élevé, l'augmentation de l'azote non protéique dans le sang des shockés ne peut se comparer qu'à l'azotémie des brightiques. Mais une différence essentielle existe entre la rétention azotée des brightiques mise en lumière par M. Widal et la rétention azotée des blessés : *la rétention azotée des brightiques est une rétention d'urée, la rétention azotée des shockés est une rétention d'azote résiduel*, stigmatisant la lésion hépatique d'après les belles recherches de Chauffard et Brodin, et donnant la mesure de l'intoxication. Mais nous pensons que cette lésion hépatique n'est pas première et qu'elle n'apparaît qu'à la faveur de l'afflux démesuré des déchets azotés d'origine tissulaire. C'est à un véritable phénomène de *foie forcé* que correspondent les lésions hépatiques décrites par Nanta dans les grands traumatismes et bien mises en évidence par Charles Richet et Flament.

A la lumière de ces faits, s'éclaire la pathogénie du shock dans les blessures de guerre. Le degré d'intoxication consécutif au traumatisme est fonction de la qualité et de l'étendue des territoires tissulaires frappés, c'est-à-dire de la qualité et de l'abondance des réserves azotées libérées. Faible pour les blessés légers, la proportion de substances azotées toxiques dans le sang croît avec l'importance des dégâts et spécialement des dégâts musculaires pour aboutir dans les grands traumatismes aux formes graves d'intoxication qui constituent le shock.

M. Jaime Ferran adresse, par l'intermédiaire de M. E. Roux, un Mémoire intitulé : *Culture* in vitro *des globules rouges du sang*.

A 16 heures et quart l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 OCTOBRE 1918.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce que la séance publique annuelle de l'Académie des Sciences aura lieu le lundi 2 décembre.

En ouvrant la séance M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

En apprenant la libération de Lille, notre première pensée à tous est allée à nos Confrère et Correspondants, enfermés depuis quatre ans dans la ville occupée par l'ennemi.

Comme Gosselet, comme Bertrand, que nous avons perdus au cours de la guerre, ils avaient tenu à rester à leur poste et à remplir leur devoir jusqu'au bout, malgré les souffrances matérielles et morales, les inquiétudes et les angoisses de toutes sortes qu'ils ont éprouvées.

Je suis certain de répondre au sentiment de l'Académie en exprimant toute la joie que nous cause cette délivrance si longtemps attendue, et je suis heureux de l'informer en même temps que, d'après les nouvelles qui viennent de nous être communiquées à l'instant, MM. Barrois et Calmette sont tous deux en bonne santé.

La Conférence interalliée des Académies scientifiques à Londres.
Note de MM. **Emile Picard** et **Alfred Lacroix**.

La question des relations scientifiques internationales d'après-guerre appelle depuis longtemps l'attention des savants. La Commission géodésique française, la délégation française près l'ancienne Association géodésique internationale, le Bureau des Longitudes s'en sont occupés. A deux reprises, l'Académie des Sciences a émis des vœux à ce sujet, d'abord au mois de novembre dernier, et tout récemment dans la séance du 30 septembre. Elle a été unanime à déclarer que les relations personnelles sont pour longtemps impossibles entre les savants des pays alliés et ceux des empires centraux, et elle a pris diverses résolutions relatives à la reconstitution des Associations scientifiques internationales.

La même question fut étudiée dans d'autres pays, et la Société Royale de Londres proposa, il y a quelques mois, une réunion interalliée des Académies scientifiques. Cette Conférence s'est tenue à Londres les 9, 10 et 11 octobre derniers. Des représentants de l'Angleterre, des Etats-Unis, de l'Italie, de la France, de la Belgique, de la Serbie, du Brésil y assistaient; les délégués de l'Académie étaient MM. Emile Picard, A. Lacroix, Haller, Bigourdan, Baillaud, Lallemand, Moureu. Des décisions importantes ont été prises, et libellées sous forme de vœux à envoyer aux gouvernements et aux sociétés savantes des pays alliés.

Quelques considérations générales servent d'introduction aux résolutions finales adoptées à l'unanimité. Elles insistent fortement sur ce point que les guerres antérieures n'avaient pas détruit la mutuelle estime des savants des pays belligérants les uns pour les autres; la paix avait pu effacer, après peu d'années, la trace des luttes passées. Aujourd'hui les conditions sont tout autres. Des crimes sans nom vont laisser dans l'histoire des nations coupables une tache que des signatures au bas d'un traité de paix ne sauraient laver. Aussi devrons-nous abandonner les anciennes Associations internationales, et en créer de nouvelles entre alliés avec le concours éventuel des neutres.

D'autres mesures, tendant à resserrer les liens entre les pays alliés, ont été discutées; elles ont pour but d'établir entre eux une collaboration intime dans la recherche scientifique.

Une Commission nommée par la Conférence se réunira prochainement à Paris pour faire une étude plus approfondie des futures organisations

internationales. Elle aura aussi à examiner des propositions faites par deux délégués. Ce sont des vœux formulés par M. Massart, de l'Académie Royale de Belgique, sur les échanges internationaux et la création de recueils bibliographiques, puis un vœu de notre confrère M. Bigourdan sur l'unification des notations bibliographiques relatives à tout l'ensemble de nos connaissances.

Nous donnons ici le texte de la déclaration et des résolutions prises par la Conférence de Londres :

Déclaration votée a l'unanimité par la Conférence pour servir de préface a ses résolutions.

Lorsque, il y a quatre ans, la guerre éclata, divisant l'Europe en camps ennemis, les hommes de science pouvaient encore espérer que la conclusion de la paix renouerait les liens rompus, et que les ennemis de la veille pourraient de nouveau se rencontrer dans des conférences amicales et unir leurs efforts pour le progrès de la science. De tous temps, depuis la renaissance des études scientifiques au moyen âge, la recherche du vrai a formé une chaîne assez solide pour résister à l'effort des antagonismes nationaux. Et ce lien s'est encore fortifié vers la fin du dernier siècle, lorsque le développement de certaines branches de la science a requis, pour leur étude, la collaboration de toutes les nations civilisées. Associations et conférences se sont rapidement multipliées et des relations amicales de plus en plus intimes se sont établies entre les savants des différents pays, en dépit des divergences politiques, volontairement laissées dans l'ombre.

La guerre, jadis, a fréquemment interrompu la coopération des individus, sans détruire leur mutuelle estime, basée sur le sentiment de la valeur de la science; la paix venait bientôt effacer les traces des luttes passées.

Si, aujourd'hui, les délégués des Académies scientifiques des nations alliées et des États-Unis d'Amérique se voient dans l'impossibilité de reprendre des relations personnelles, même en matière de science, avec les savants des empires centraux, tant que ceux-ci n'auront pas été admis de nouveau dans le concert des nations civilisées, ils le font en pleine conscience de leur responsabilité, et ils ont pour devoir de rappeler les motifs qui les ont amenés à cette décision.

La civilisation a imposé des règles de conduite aux nations qui entendent servir les intérêts de l'humanité, et qui ont, à un haut degré, le souci de

leur honneur. Telles sont la reconnaissance du caractère sacré des traités (spécialement de ceux concernant l'état de guerre) et la suppression d'inutiles cruautés envers les populations civiles.... A ces deux points de vue, les puissances centrales ont enfreint les lois de la civilisation, dédaignant toutes les conventions et déchaînant dans l'âme humaine les pires passions engendrées par la férocité de la lutte. La guerre est fatalement pleine de cruautés, et des actes individuels de barbarie ne sauraient être évités; il faut en prendre son parti. Ce ne sont pas ces actes que nous visons, ce sont les horreurs organisées, encouragées, et imaginées, dès l'origine, dans le seul but de terroriser les populations inoffensives. La destruction d'innombrables propriétés privées, les violences et les massacres sur terre et sur mer, le torpillage des navires-hôpitaux, les insultes et les tortures infligées aux prisonniers de guerre, laisseront, dans l'histoire des nations coupables, une tache que ne saurait laver la simple réparation des dommages matériels. Pour restaurer la confiance, sans laquelle toute collaboration fructueuse serait impossible, les empires centraux devront désavouer les méthodes politiques dont l'application a engendré les atrocités qui ont indigné le monde civilisé.

Résolutions relatives aux organisations scientifiques internationales, votées a l'unanimité par la Conférence.

1. Aussitôt que les circonstances le permettront, les conventions relatives aux associations scientifiques internationales seront, conformément aux statuts ou règlements propres à chacune d'elles, dénoncées par les groupements compétents des nations en guerre avec les empires centraux.

Les nouvelles associations reconnues utiles au progrès des sciences et de leurs applications seront établies, dès maintenant, par les nations en guerre avec les empires centraux, avec le concours éventuel des neutres.

2. Certaines associations résultant de conventions diplomatiques, telle la Convention du mètre, devront faire l'objet d'un examen spécial lors des négociations de la paix.

3. Les mesures visées ci-dessus laissent de côté les accords concernant exclusivement les relations administratives indispensables entre des services publics, comme celles réglementant la navigation, les dépêches météorologiques, les chemins de fer, les postes et télégraphes, etc.

4. Il est constitué, dans le sein de la Conférence, une Commission d'études, à laquelle pourront s'adjoindre des délégués désignés par les Académies des pays en guerre avec les puissances centrales. Cette Commission dressera un plan général d'organisations internationales, pour satisfaire aux besoins des diverses branches des recherches scientifiques et industrielles, y compris celles relatives à la Défense nationale.

La Commission se réunira à Paris, cette année même, dans la deuxième quinzaine de novembre.

5. Chacune des Académies représentées à la Conférence sera invitée à provoquer la création d'un Conseil national, ayant pour objet l'avancement des recherches mentionnées au paragraphe précédent.

6. Un Conseil international sera constitué par la fédération des Conseils nationaux.

7. La Conférence, estimant que tous les progrès industriels, agricoles, médicaux, reposent sur les découvertes de la Science pure, appelle l'attention des Gouvernements sur l'importance des recherches théoriques et désintéressées, dont les budgets, après la guerre, devront être dotés le plus largement possible.

Elle insiste également sur la création de grands laboratoires, privés et nationaux, de sciences expérimentales.

M. **Émile Picard** communique le texte de l'allocution qu'il a prononcée au dîner donné à Londres le 11 octobre 1918, à l'occasion de la Conférence interalliée des Académies, par le Gouvernement anglais, et présidé par M. Balfour :

« Je suis assuré d'être l'interprète de tous en remerciant le très honorable M. Balfour de l'honneur qu'il nous a fait en présidant ce dîner. Nous n'oublions pas que le Ministre des Affaires étrangères du Royaume-Uni a fait œuvre scientifique dans ses beaux ouvrages philosophiques. Qu'il nous permette de le regarder un peu comme un collègue.

» Je remercie aussi la Société Royale, qui dans tant de circonstances a pris déjà les initiatives les plus fécondes, de nous avoir invités à cette conférence et d'avoir si heureusement dirigé nos délibérations. Nous pouvons espérer que nous n'avons pas fait une œuvre vaine. Tout d'abord, dans une déclaration indiquant les principes qui nous ont guidés, nous avons montré que,

quoique savants, nous restons hommes. Le souci des progrès de la science est certes grand chez nous, mais la question morale nous a paru planer au-dessus de tout. Aussi, nous n'avons pas hésité à conseiller la rupture, au moins pour un temps, avec des savants appartenant à des pays dont les armées ont commis systématiquement en Belgique, en Serbie, en France, en Italie les actes les plus odieux. Les intellectuels d'outre-Rhin ont une lourde part de responsabilité dans ces atrocités. Des réparations et des expiations sont nécessaires; comme l'a dit le Cardinal Mercier, pardonner à certains crimes, c'est s'en faire le complice. Nous voulons cependant garder l'espérance que les théories immorales de domination universelle, ancrées dans l'esprit des classes dirigeantes de l'Allemagne, seront un jour extirpées, et que nos ennemis actuels, revenus de leur démence, pourront rentrer plus tard dans le concert des libres civilisations.

» En attendant, nous travaillerons, entre peuples amis, à nos œuvres scientifiques, apportant dans cette collaboration nos qualités diverses. Ne craignons pas de l'avouer, nous ne les avons pas toujours suffisamment appréciées, ayant eu parfois la faiblesse de confondre, suivant l'expression d'un célèbre poète italien, le colossal avec le grand.

» Ce sera le bienfait de cette conférence, d'avoir posé les grandes lignes de ce travail commun. Nos projets sont très vastes, un peu ambitieux peut-être. De nombreux concours, en particulier ceux des gouvernements, seront nécessaires pour les réorganisations que nous voulons tenter; nous espérons qu'ils ne nous feront pas défaut.

» Au milieu de tant de tristesses, c'est une consolation de penser que les événements tragiques de ces dernières années ont resserré des liens de sympathie et d'amitié, qui contribueront aux progrès de la science. Puisse celle-ci ne plus jamais servir à des fins criminelles.

» Messieurs, nous voyons poindre l'aurore des jours qui vont délivrer l'humanité, et lui permettre de reprendre son labeur pacifique. Saluons nos armées qui, sur tous les fronts, depuis la mer du Nord jusqu'à la Mésopotamie, forcent les hordes ennemies à une retraite précipitée. »

NÉCROLOGIE. — *Notice sur M.* MARCEL DEPREZ, par M. **H. SEBERT**.

M. Marcel Deprez, dont la mort a été annoncée lundi dernier à l'Académie, a succombé le 16 octobre 1918, après une longue maladie;

il était né, le 29 décembre 1843, à Aillant-sur-Milleron (Loiret). Je voudrais rappeler sommairement sa carrière.

Après avoir suivi, comme élève externe, les cours de l'École nationale des Mines, Marcel Deprez fut nommé, en 1865, secrétaire du Directeur de cette École, Combes, membre de l'Académie des Sciences; il a gardé, de la fréquentation de cet illustre savant, un goût marqué pour l'étude des questions, où doit intervenir le sens intime des phénomènes que régissent les lois de la Mécanique.

Il conserva cette situation jusqu'en 1872, et dès cette époque il s'était signalé par son habileté dans l'étude des mécanismes.

Ayant eu, au cours de la guerre de 1870, où il servit dans les troupes d'Artillerie affectées à la défense de Paris, l'occasion de longuement méditer sur les phénomènes qui se produisent dans le tir des bouches à feu, il fut amené à concevoir le principe d'appareils susceptibles de déterminer la nature et l'intensité des efforts qui se produisent à l'intérieur même des canons pendant le tir et même d'enregistrer la variation de ces efforts pendant la durée du parcours du projectile dans l'âme, durée qui est si courte, qu'on s'était contenté, jusque-là, de considérer l'action de la poudre comme instantanée.

Grâce à l'appui qu'il trouva alors auprès des services de l'Artillerie navale dirigée par le général Frebault, qui avait commandé l'Artillerie de la rive droite pendant le siège de Paris, il fut mis à même de voir réaliser les appareils ingénieux, dont il avait eu l'idée, pour mesurer les pressions développées par la combustion de la poudre à l'intérieur de l'âme des canons et aussi pour enregistrer, en fonction du temps, pour des durées qu'il fallait évaluer en millièmes de seconde, les lois du recul des bouches à feu et de leurs affûts, lois dont devait résulter la connaissance des déplacements des projectiles dans l'âme.

Ces travaux l'occupèrent près de dix ans; il avait simultanément poursuivi des recherches intéressantes sur les machines à calculer, dont malheureusement il n'a pas achevé la mise au point.

Lorsque l'Exposition d'électricité de 1881 vint appeler l'attention sur les progrès qu'avaient faits les sciences électriques et sur les conséquences industrielles qui semblaient devoir en résulter, Marcel Deprez se voua résolument à cette nouvelle branche de la Physique industrielle et il y acquit rapidement une des premières places, en s'attaquant à la solution du problème de la transmission à distance de l'énergie électrique.

Ses recherches, poursuivies pendant plusieurs années, pour établir les

conditions pratiques de transmission à distance des grandes puissances d'une génératrice à une réceptrice électrique, aboutirent, en 1886, à la mémorable expérience dans laquelle une puissance de près d'une centaine de chevaux-vapeur engendrée à Creil fut transmise à Paris, dans des conditions de rendement suffisantes.

Cette expérience fut le signal du développement que devaient prendre si rapidement dans tous les pays les industries électriques, et l'on a peine à concevoir qu'elle ait pu, en si peu de temps, avoir de telles conséquences. Il est certain qu'en la réalisant et déterminant, comme il l'a fait, les principes qui doivent régir ces applications de l'électricité à la transmission de l'énergie, Marcel Deprez a attaché son nom à une des plus grandes conquêtes de la science et à une découverte qui, comme on peut le voir aujourd'hui, a contribué grandement à transformer même la face du monde, puisque l'électricité s'introduit aujourd'hui partout comme force motrice, aussi bien pour faire marcher les usines que pour mettre en mouvement les tramways et les chemins de fer.

Si la mort n'avait pas frappé Marcel Deprez, au milieu de l'isolement dû à la guerre mondiale qui absorbe toutes les pensées et entrave toutes les relations, on peut dire que ses obsèques auraient pu réunir le concours de représentants des industries électriques de tous les pays, payant à sa mémoire le tribut de leur reconnaissance.

Dès 1876 l'Académie lui avait décerné le prix Montyon de Mécanique et en 1878 le prix Trémont, pour ses études sur la mesure des pressions dans les cylindres des machines à vapeur, et pour ses travaux de Balistique intérieure que le *Mémorial de l'Artillerie de la Marine* avait fait connaître, et qu'il avait pu exécuter sous la direction du colonel Sebert.

Vers la même époque, il avait, en collaboration avec les ingénieurs du matériel de la Compagnie du Chemin de fer de l'Est, imaginé le wagon dynamométrique qui fut récompensé aux expositions de 1878 et 1881.

Il imaginait et réalisait encore, soit seul, soit en collaboration avec M. d'Arsonval et M. Carpentier, toute une série d'appareils de mesures électriques, qui furent les premiers types de la plupart des appareils employés aujourd'hui dans l'industrie pour la mesure des courants continus; le galvanomètre apériodique Deprez-d'Arsonval, l'ampèremètre Deprez-Carpentier, le mesureur d'énergie ou wattmètre qui fut le premier appareil permettant de mesurer directement le travail électrique, c'est-à-dire donnant directement le produit de la force électromotrice par l'intensité du courant. Si l'on songe qu'aucune utilisation industrielle de l'électricité n'est possible, sans

le secours de ces divers appareils, on aperçoit de quelle importance fut leur introduction dans la pratique, pour le développement de l'industrie électrique.

Marcel Deprez avait donné, en 1881, le nom de *caractéristiques* aux courbes représentant l'intensité considérée comme fonction de la force électromotrice, à circuit ouvert ou à circuit fermé, sur des résistances croissantes ou décroissantes. Ces courbes qui permettent de représenter, avec une très grande simplicité, les phénomènes qui se produisent dans la marche d'une machine dynamo-électrique et de résoudre rapidement des problèmes, qui ne seraient pas accessibles à l'analyse algébrique, sont aujourd'hui d'un emploi quotidien dans les laboratoires et bureaux d'étude des industries électriques.

L'étude de la régulation dans les réseaux de distribution d'électricité, malgré les différences de charges inévitables, inspira à Marcel Deprez l'une de ses idées les plus originales, celle du double enroulement dans les machines dynamo-électriques, grâce auquel peut être réalisée une constance relative de la tension aux bornes des dynamos-génératrices et qui a conduit à l'enroulement compound.

Mais le mérite principal de l'œuvre de Marcel Deprez réside dans la démonstration expérimentale de la possibilité du transport de l'énergie et dans la confiance audacieuse qu'il a eue dans les formules, en n'hésitant pas, pour la première fois, à employer la haute tension pour obtenir, sans une excessive perte en ligne, la possibilité d'utiliser l'énergie d'un courant électrique à une grande distance du lieu où il est produit.

Cette démonstration devait avoir les conséquences considérables que nous avons signalées plus haut. Les expériences de Creil qui avaient eu un grand retentissement mais n'avaient, cependant, donné que des résultats inférieurs à ceux qu'on en attendait, avaient, au moins, fixé les conditions de réalisation technique. Elles furent suivies, à bref délai, d'expériences nouvelles, plus sensationnelles, à Munich d'abord puis à Grenoble.

A la suite de ces dernières expériences, l'Académie des Sciences avait décerné à Marcel Deprez le prix dont elle doit la fondation au célèbre inventeur de la turbine Fourneyron. Elle l'appela dans son sein, le 1er mars 1886, à la place devenue vacante dans la Section de Mécanique par la mort de Tresca.

La chaire d'Électricité industrielle, créée au Conservatoire national des Arts et Métiers, lui fut confiée en 1890 et, à partir de cette date, Marcel

Deprez se consacra tout entier à cet enseignement, en poursuivant toutefois, simultanément, l'étude de perfectionnements qu'il avait apportés à la construction des chaudières pour machines à vapeur, perfectionnements auxquels la guerre et la maladie l'ont empêché malheureusement de mettre la dernière main.

THÉRAPEUTIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Survie temporaire et survie définitive après les hémorragies graves.* Note [1] de MM. **Charles Richet**, **P. Brodin** et **Fr. Saint-Girons**.

I. Nous avons précédemment montré [2] qu'après hémorragies abondantes on peut, chez le chien, par injections intraveineuses de liquides convenables, prolonger la vie du cœur et des centres respiratoires, jusqu'à abaisser la quantité totale des globules à 5 pour 100 de la quantité normale pré-hémorragique.

Nous avions dès lors pris soin de distinguer la survie temporaire (la seule étudiée dans notre première série de recherches) de la survie définitive.

Cette distinction était absolument nécessaire; car la survie temporaire (de quelques heures) n'implique nullement la survie définitive. Après une injection saline abondante, les animaux saignés à blanc, qui gisaient sans force, avec un cœur misérable et des respirations angoissées, semblent se ranimer. Ils reviennent à la vie, et les voici qui se tiennent debout, qui marchent, qui peuvent même courir. Le cœur bat moins vite et avec force; les pupilles ne sont plus dilatées. Mais bientôt, au bout de deux, ou trois, ou quatre heures, cette amélioration disparaît. Les mouvements deviennent languissants; l'animal se couche et ne peut plus se relever. Il s'affaiblit de plus en plus; il a des respirations abdominales, rares et profondes, et il meurt avec une diarrhée abondante (selles glaireuses, parfois sanglantes).

II. Pour justement apprécier ces résultats, c'est-à-dire comparer la quantité de sang enlevé à la quantité de sang que normalement, avant l'hémorragie, contenait l'organisme, il faut mettre plus de précision qu'on ne l'a fait jusqu'à présent dans l'évaluation du sang total normal.

---

(1) Séance du 14 octobre 1918.

(2) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 55-59 et 112-113.

Les physiologistes ont adopté le chiffre de 77^g par kilogramme, soit $\frac{1}{13}$ du poids du corps. Mais cette donnée, qui est classique, est bien insuffisante. Nous avons pu établir, par la numération globulaire combinée avec l'hydrotomie, que la moyenne est sans doute de $\frac{1}{13}$ chez les chiens de 10^{kg}; mais qu'elle est de $\frac{1}{15}$ chez les chiens de 20^{kg}, et de $\frac{1}{16}$ chez les chiens de 30^{kg}.

Bien entendu, l'écart est parfois considérable, même entre individus de même poids. (Par exemple, chez cinq chiens de 18^{kg}, le nombre des globules a été, en milliards, de 5681, 5901, 7585, 7700, 8753.) Supposons un chien de 13^{kg}, ayant, suivant les données classiques, 1000^g de sang. En réalité, d'après l'écart moyen que nous avons constaté, le chien peut tout aussi bien avoir 750^g que 1250^g de sang. Si donc on lui fait une hémorragie de 600^g et qu'on admette qu'il a perdu 60 pour 100 de ses globules, on est exposé à une assez lourde erreur ; car il peut tout aussi bien avoir perdu 80 pour 100 que 48 pour 100, ce qui est bien différent.

Chez les 70 chiens dont nous avons, par l'hydrotomie, déterminé le nombre total des globules, nous cherchâmes à trouver un chiffre qui donnât la quantité moyenne du sang total en partant :

Soit du poids du corps (P);

Soit de la densité du sang (D);

Soit de la proportion centésimale des hématies par millimètre cube (H).

On peut sérier les résultats en les rapportant soit à P, soit à D, soit à H, soit à $\frac{P+D}{2}$, soit à $\frac{P+H}{2}$, soit à $\frac{D+H}{2}$, soit à $\frac{P+D+H}{3}$.

Sans donner ici, *brevitatis causâ*, tous ces chiffres, nous dirons que, pour l'appréciation du nombre des globules totaux, c'est avec la sériation d'après H que les résultats semblent les meilleurs, c'est-à-dire l'écart moyen minimum.

Sur 70 chiens (en éliminant un cas anormal), il n'y en eut que 3 chez qui l'écart de la moyenne a été supérieur à 20 pour 100 (27, 24, 23). L'écart moyen, qui est aussi l'écart probable, a été de 12 pour 100. C'est d'ailleurs un écart très grand encore, et qui éliminerait toute conclusion valable, si l'on se contentait d'une seule expérience. Mais, comme l'écart de 12 pour 100 est tantôt en plus, tantôt en moins, on élimine à peu près les variations individuelles en totalisant cinq ou six expériences. C'est surtout dans de pareilles études qu'est vrai l'axiome : *Experientia una, experientia nulla*.

Nous avons corrigé d'ailleurs l'incertitude du chiffre de notre évaluation en n'expérimentant pas sur les chiens très vieux, ou malades, ou en état de

demi-inanition (qui sont tous très pauvres en sang). En outre, nous faisions l'analyse, en quelque sorte clinique, des symptômes hémorragiques. Dans la plupart des cas que nous rapportons ici, nous avons arrêté l'hémorragie seulement lorsque le sang ne coulait plus qu'en bavant de la carotide ouverte et que l'animal était complètement épuisé (pupilles énormément dilatées; cœur très faible, à peine perceptible; insensibilité presque complète; abolition de tous les réflexes psychiques; défécation et urination involontaires; respiration asphyxique).

Voici le Tableau résumant nos numérations (sériation d'après H) :

Hématies en millions par millimètre cube.	Moyenne.	Nombre d'observations.	Hématies en milliards par kilogramme de poids vif.	Écart moyen pour 100 de la moyenne.
De 8,3 à 8,9.....	8,6	VII	550	11,8
» 7,5 à 8,0.....	7,6	IX	499	12,6
» 7,0 à 7,3.....	7,2	X	482	13,5
» 6,7 à 6,9.....	6,8	VII	462	11,8
» 5,7 à 6,6.....	6,2	XVIII	445	15,2
» 5,5 à 5,6.....	5,5	VII	363	12,2
» 5,2 à 5,4.....	5,3	V	352	10,0
» 4,8 à 5,1.....	4,9	V	334	12,1

En outre, ce Tableau permet tout de suite de connaître la masse du sang. Soit, par exemple, un chien ayant 6 200 000 hématies par millimètre cube et pesant 20^{kg}. On pourra lui supposer environ 8900 milliards de globules (445×20); et la masse de son sang sera par kilogramme 71 grammes: $\left(\frac{445}{6,2}\right)$; ce qui donne un chiffre total de sang égal à 1420^{g}, chiffre assez différent de ce qu'aurait donné le $\frac{1}{13}$ de son poids corporel, soit 1540^{g}.

III. A l'aide de ces chiffres nous pourrons maintenant apprécier un peu moins incorrectement la quantité de sang perdu par l'hémorragie, dans ses proportions avec la quantité totale, et savoir alors dans quels cas telle ou telle de nos thérapeutiques aura été vraiment efficace.

Si l'on saigne un chien jusqu'à ce qu'il meure, on voit que la mort survient quand il a perdu 75 pour 100 de ses globules (moyenne de douze expériences). Mais, bien avant qu'il ait atteint cette limite immédiatement mortelle, il a été mis, par l'hémorragie, en un état de telle détresse qu'il mourra fatalement si l'on n'intervient pas.

Encore qu'il soit impossible de fixer un chiffre tout à fait précis, nous admettrons que la mort n'est fatale que lorsque la perte de sang atteint 70 pour 100, ce chiffre étant calculé d'après H, c'est-à-dire d'après le nombre d'hématies par millimètre cube, établi par la première numération.

Par conséquent, les thérapeutiques qui font vivre un chien hémorragié quand la perte de sang est inférieure à 70 pour 100 ne peuvent guère être considérées comme efficaces; puisque, sans traitement, l'animal aurait peut-être survécu. Nous n'appellerons *efficaces* que les thérapeutiques qui permettront la survie après une perte supérieure ou égale à 70 pour 100. Ce chiffre, si l'on prend la proportion de $\frac{1}{13}$, répond à 5,3 pour 100 du poids du corps. Les auteurs classiques admettent que la mort survient quand la perte de sang est voisine de 4,5 pour 100 du poids corporel. Donc, en admettant comme mortelle une perte de 70 pour 100 (du sang antérieur), nous sommes certainement bien au delà de la perte de sang fatalement mortelle (1).

IV. Afin de mettre quelque clarté dans un sujet très complexe, nous ferons de nos expériences deux groupes seulement :

Dans le premier nous mettrons tous les chiens ayant reçu après hémorragie des injections diverses (sérums de cheval, solutions salines, petit-lait, sérums gommés).

Dans le second groupe, nous mettrons tous les chiens ayant reçu des transfusions diverses (transfusion directe d'artère à veine, transfusion de sang citraté, de plasma citraté) (2).

Les deux graphiques ci-joints indiquent très nettement l'inefficacité des injections salines seules (*fig.* 1) et l'efficacité des transfusions (*fig.* 2).

---

(1) Il est bien entendu d'ailleurs que nos chiffres se rapportent, non à la perte de sang liquide, ce qui ne signifie que peu de chose, à cause de la dilution rapide du sang, après les hémorragies, par les liquides interstitiels, mais bien à la perte en hématies, autrement dit, de sang globulaire.

(2) Pour que le citrate de soude n'ait pas d'action toxique, nous mettons à profil la belle expérience de Sabattani, et nous injectons, en même temps que le sang citraté, du chlorure de calcium en quantités moléculairement équivalentes.

Dans le cas d'une transfusion directe d'artère à veine, la restauration a été étonnamment rapide et complète. Au bout d'une heure, l'animal était revenu au *statu quo ante*.

Dans une autre expérience nous avons injecté du sérum de chien, alors que l'animal

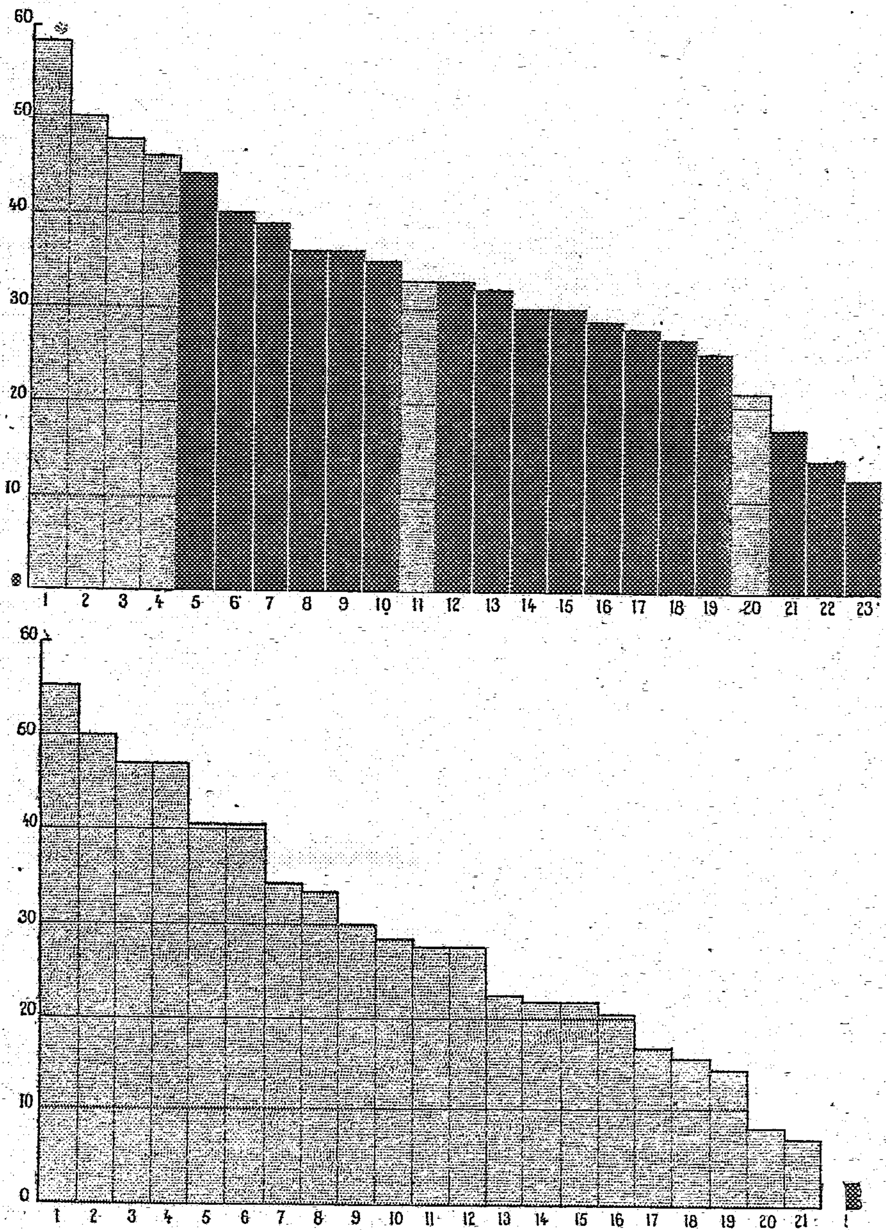


Fig. 1 et 2. — Chaque colonne représente une expérience sur un chien hémorragié; selon qu'elle est noire ou en pointillé, il y a eu mort (colonne noire), ou survie (colonne en pointillé).

La figure 1 se rapporte aux chiens ayant reçu des injections salines; la figure 2, aux chiens ayant reçu transfusion.

La hauteur de la colonne indique les quantités (pour 100 de sang globulaire normal) qui restaient dans l'organisme de l'animal au moment de la transfusion (évaluation d'après la numération des hématies H).

On voit, dans la figure 1, qu'alors que la quantité de sang restante était supérieure à 45 pour 100, il y a eu toujours survie; mais qu'il y a eu toujours mort (sauf dans deux cas) lorsque la quantité résiduelle était inférieure à 45 pour 100.

Au contraire, comme le montre la figure 2, après transfusion de sang, ou de plasma, il y a toujours eu survie.

Sur 19 chiens ayant conservé moins de 42 pour 100 de sang, et ayant subi des injections salines, il n'en est que 2 ayant survécu. Or on peut supposer que dans ces trois cas l'évaluation du nombre des globules, d'après le Tableau présenté plus haut, n'a pas été conforme à la réalité.

Au contraire, sur 17 chiens ayant conservé moins de 40 pour 100 de sang et traités par la transfusion, il n'y a pas eu de mort.

On peut donc conclure de là que l'injection saline, à elle seule, ne constitue pas un traitement efficace de l'hémorragie. La transfusion de sang ou de plasma est la seule ressource (1).

L'injection saline n'aurait d'autre avantage que de prolonger la survie et de permettre de faire la transfusion. Encore cet avantage paraît-il bien contestable; car, après de grandes injections salines, la réparation par la transfusion paraît plus difficile : sur huit chiens ayant d'abord reçu injections salines, puis transfusion, un seul a survécu.

V. *En définitive, la seule thérapeutique efficace de l'hémorragie nous paraît être la transfusion* (2).

---

hémorragié était vraiment mort. Le cœur ne battait plus et il n'y avait plus de respiration. Il a fallu faire la respiration artificielle, qui, conjointement avec l'injection du sérum, a rappelé l'animal à la vie.

Nous donnons ici une statistique intégrale. Pourtant nous croyons devoir éliminer, des chiens ayant subi la transfusion, les trois cas suivants dans lesquels il n'y eut pas de survie définitive : L. qui a reçu très peu de plasma; Mi. un second chien extrêmement vieux, qui est mort à la 70e heure, et L. qui a reçu le sérum d'un chien ayant reçu lui-même une injection saline très abondante.

(1) La substitution du plasma au sang total est en ce moment l'objet de nos recherches. Nous comptons pouvoir en donner prochainement les résultats.

(2) C'est à cette conclusion qu'était arrivé Hédon après des recherches précises qui ont guidé Jeanbrau dans ses belles observations cliniques. La pratique de la transfusion d'après la méthode Jeanbrau a sauvé déjà de nombreuses existences.

Nous avons d'autant plus le droit de parler de l'inefficacité des injections salines qu'au début de nos recherches, frappés par les étonnants effets des injections salines sur la survie temporaire immédiate, nous avions été tentés de croire que la survie temporaire impliquait la survie définitive.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Addition à la Note : « Sur une équation différentielle ordinaire liée à certains systèmes d'équations linéaires et homogènes aux dérivées partielles »*, par M. **Paul Appell**.

Dans la Note que j'ai présentée sous ce titre (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 469), j'ai voulu, en vue de la théorie des fonctions hypergéométriques de deux variables, préciser une idée générale que j'avais indiquée avec quelque détail dans un Mémoire : *Sur une formule de Tisserand et sur les séries hypergéométriques de deux variables*, publié en 1884 dans le *Journal de Mathématiques pures et appliquées* (3e série, t. 10, p. 407). M. Roger Liouville m'informe qu'il a présenté à l'Académie en 1885 (*Comptes rendus*, t. 101, p. 1134) et en 1886 (t. 103, p. 457, 476 et 520), sur le même sujet, des Notes qui ont ensuite servi de base à un Mémoire inséré au *Journal de l'École Polytechnique*.

Désirant publier, sur les fonctions hypersphériques et les fonctions hypergéométriques de plusieurs variables, un travail bibliographique ayant pour point de départ celui de l'édition française de l'*Encyclopédie des Sciences mathématiques* (*Généralisations diverses des fonctions sphériques*, par MM. Appell et Lambert, février 1914; Gauthier-Villars), je serai particulièrement reconnaissant aux auteurs, non cités dans l'*Encyclopédie*, qui voudront bien me faire connaître la bibliographie de leurs recherches sur ces sujets.

GÉOLOGIE. — *Les environs d'Argelès et le Pic de Gez.* Note de M. **H. Douvillé**.

La petite ville d'Argelès est, pittoresquement étagée au pied de la montagne, à l'ouest du Gave de Pau et entre les vallées longitudinales du Bergons et du Gave d'Azun. Le sous-sol est constitué par les terrains paléozoïques supérieurs formant ce que les géologues ont appelé *la bande du col d'Aubisque;* elle est comprise entre l'anticlinal silurien de Pierrefitte au Sud et la chaîne limite des terrains secondaires au Nord. Mais ce qui rend particulièrement pittoresques les environs de la ville, c'est le grand développement des actions glaciaires : le fond des vallées est parsemé de buttes rocheuses échappées au rabotage des glaciers, et le sol est littéralement jonché de gros blocs de granite, provenant de la haute chaîne; les maisons

et les murs de soutènement, très nombreux dans la région, sont tous construits avec ces matériaux, de sorte qu'à première vue on pourrait se croire dans un pays granitique. Quelques-uns de ces blocs erratiques atteignent des dimensions considérables : on en voit dans Argelès même (Forail, Sanatorium) dont la longueur dépasse 10^m.

Les vallées longitudinales sont ordinairement creusées dans les Schistes plus facilement délitables, c'est le cas pour celles du Bergons et du Gave d'Azun; entre les deux, des couches calcaires plus résistantes ont donné naissance à une chaîne intermédiaire qui débute à l'Est par un dôme arrondi, improprement dénommé Pic de Gez, et qui s'élève à l'altitude de 1097^m, le fond de la vallée étant seulement à 431^m.

Cette montagne a été étudiée, il y a une vingtaine d'années, par M. le Dr Bresson, alors préparateur à la Faculté de Besançon (¹); il l'a considérée alors comme formée par un synclinal dinantien pincé par failles dans les Schistes du Dévonien inférieur; avec M. le professeur Seunes, il admet que ces couches sont « manifestement discordantes sur le socle schisteux »; elles atteignent, dit-il, plus de 300^m d'épaisseur au pic, probablement par suite de replis. Un peu plus tard en 1908, la carte géologique donne de cette montagne une interprétation bien différente et qui se rapproche davantage de la réalité : elle indique au-dessus du Dévonien inférieur du soubassement, une zone moyenne formée par le Dévonien supérieur, et au sommet un chapeau assez irrégulier de Dinantien.

On peut se rendre assez facilement compte de la structure réelle de la montagne en examinant les grands escarpements qu'elle présente à l'Est et au Sud.

Le versant du côté de l'Est (*fig.* 1) est bien visible d'Argelès : la montagne se présente comme un dôme largement arrondi, vers le haut duquel on distingue une large bande calcaire en forme de voûte surbaissée. Elle est coupée en quatre segments par trois failles inverses, produisant chacune un affaissement de la lèvre nord. Le premier segment au Nord remonte à peu près suivant la pente du terrain avec une inclinaison de 30° jusqu'à la pointe rocheuse du Nord; il se replie ensuite brusquement en dessinant un petit anticlinal secondaire et plonge au Sud sous une inclinaison de 50°, qui diminue très rapidement, jusqu'à la rencontre de la première faille. Les deux

(¹) *Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, t. XXVI, 1898, p. 653; *Bull. de la Carte géol. de France*, t. XIV, 1903, n° 43 (Thèse de doctorat).

segments suivants présentent la même inclinaison très légère vers le Sud. Le dernier se relève d'abord un peu, puis plonge fortement au Sud et constitue les grands escarpements de l'angle Sud-Est de la montagne. En les

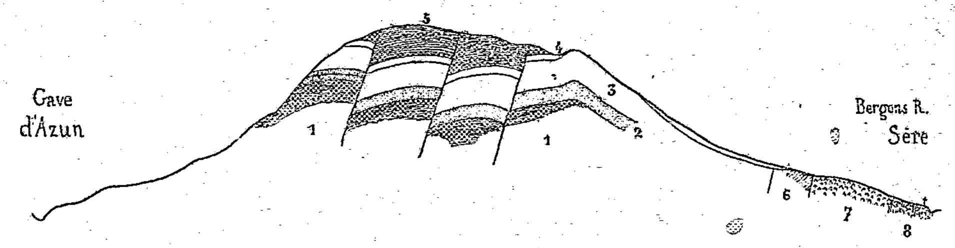


Fig. 1. — Le Pic de Gez (1097), vu de l'Est, depuis le gave d'Azun jusqu'au village de Sère.
(Échelle de $\frac{1}{25000}$ pour les longueurs et les hauteurs.)

Dévonien inférieur : 1, schistes. — *Dév. moyen* : 2, dolomies rousses. — *Dév. supérieur* : 3, calcaires gris, plus ou moins cristallins. — *Dinantien* : 4, griottes et calcschistes lie de vin, schistes verts ; 5, calcschistes et schistes noirs. — *Trias* : 6, calcaire chamois ; 7, ophite. — 8, brèche.

contournant vers l'Ouest, on observe une très belle coupe (*fig.* 2) : la bande calcaire forme là deux puissantes couches plongeant de 45° vers le Sud-Ouest :

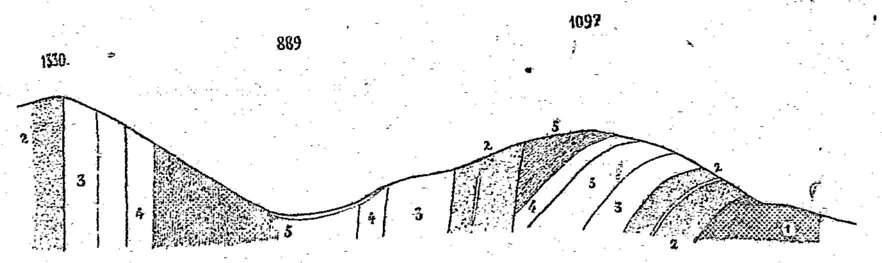


Fig. 2. — Les Monts de Gez (1330 et 1097), vus du Sud.
(Échelle de $\frac{1}{25000}$ pour les longueurs et les hauteurs.)

Le plan du tableau est très oblique par rapport à la direction des couches, surtout vers l'Ouest ; c'est ce qui explique la largeur des affleurements.
(Même légende que pour la figure 1.)

au-dessous on voit apparaître une masse épaisse de dolomies grises devenant brunes à la surface ; vers le haut on distingue une intercalation de calcaire gris. Plus bas et formant un ressaut assez marqué affleurent les schistes du Dévonien inférieur ayant à peu près la même direction et la même inclinaison que les calcaires ; il ne semble pas exister de discordance en ce point.

La partie haute de la coupe est inaccessible de ce côté, on ne peut l'atteindre qu'en partant du sommet. Si l'on gravit la montagne par le Nord, on monte d'abord sur les éboulis (exploités très anciennement pour un four à chaux dont on distingue encore les ruines), puis sur un calcaire marbré de couleur grise et plus ou moins cristallin. C'est ce calcaire qui forme la pointe rocheuse du Nord. En redescendant sur la pente sud du petit anticlinal secondaire, on voit immédiatement avant le col, les calcaires gris passer brusquement à des griottes rosées, dont le lit inférieur constitue un banc largement découvert, dirigé à peu près Est-Ouest et plongeant de 50° au Sud.

Le sol remonte ensuite vers le Sud et l'on voit affleurer successivement des calcschistes lie de vin, puis des calcschistes et des schistes noirs qui s'élèvent jusqu'au signal 1097, et jusqu'au vrai sommet situé un peu en arrière. Sur toute la surface sont disséminés des blocs de granite erratiques.

En descendant un peu vers le Sud-Est, on peut atteindre le haut des escarpements de calcaire gris; on retrouve là les griottes roses tachées de vert, puis les calcschistes lie de vin surmontés de schistes verts, puis de schistes noirs.

Quel est l'âge de ces différentes couches? Les recherches de Bresson nous donnent un point de repère très net : il signale *Prolecanites Henslowi* dans les griottes et un *Glyphioceras* dans les schistes verdâtres : c'est le Dinantien bien caractérisé avec un faciès et sous une forme exactement semblables à ceux que M. le professeur Seunes nous a fait connaître dans la vallée d'Aspe [1]. Les calcaires gris au-dessous représentent alors le Dévonien supérieur, c'est la Dalle de Jacquot, dont les affleurements ont été bien étudiés plus à l'Ouest par Bresson, dans la région d'Arrens et sur la route des Eaux Bonnes. Les Dolomies rousses, plus anciennes, ont été souvent signalées dans le Dévonien moyen, et comme elles reposent sur le Dévonien inférieur, la série peut être considérée comme complète. Les couches dessineraient non pas un synclinal comme le croyait Bresson, mais un large anticlinal. Les failles qui le coupent paraissent avoir à peu près la direction des couches Ouest-Est et Sud-Est, et elles semblent jouer un rôle assez important dans la tectonique de la région.

Suivons le haut des affleurements sur le versant sud en nous dirigeant vers le col 889; nous verrons, un peu après avoir dépassé le sommet, les

(1) *Bull. Carte géol. de France*, t. IV, 1893, n° 34.

Schistes dinantiens brusquement interrompus par les dolomies brunes dessinant une sorte de dyke fortement incliné qui atteint presque le sommet de la montagne et descend de là vers les dernières maisons de Gerbets du côté de l'Ouest. En continuant à marcher vers l'Ouest, on rencontre des lambeaux de calcaire gris intercalés dans la dolomie, puis les calcaires gris eux-mêmes, bientôt masqués par les dépôts glaciaires. C'est le flanc nord d'un synclinal. De l'autre côté du col on voit le sol se relever jusqu'à la cote 1330; les affleurements sont bien visibles et bien nets : on distingue des schistes fortement inclinés constituant le versant nord, puis partant du sommet une bande épaisse de calcaires, à laquelle succèdent au Sud les dolomies brunes. C'est l'autre flanc du synclinal, dont le milieu correspond à peu près au col et serait en réalité occupé par les Schistes dinantiens.

L'apparition brusque des dolomies du Dévonien moyen immédiatement à l'ouest du sommet du Pic de Gez indique l'existence d'une faille importante faisant probablement partie du même faisceau que celles du versant Est. Comme celles-ci, c'est une faille inverse avec abaissement du segment Nord. On voit, comme je l'ai indiqué plus haut, que ce système de failles joue un rôle important dans la constitution de toute la région.

En résumé, on voit que les Monts de Gez présentent une succession très régulière des couches, Dévonien inférieur schisteux, Dévonien moyen représenté par des Dolomies brunes, Dévonien supérieur caractérisé par ses calcaires gris plus ou moins cristallins et enfin le Dinantien avec ses griottes à *Protecanites Henslowi*, ses calschistes lie de vin, ses schistes verts à *Glyphioceras* et ses schistes noirs. La moitié orientale du Pic de Gez est un anticlinal, auquel succède par faille vers l'Ouest un synclinal formé des mêmes couches et dont le flanc sud se relève jusqu'au sommet 1330.

GÉOLOGIE. — *Sur la composition des conglomérats miocènes des chaînes subalpines françaises.* Note de MM. **Pierre Termier** et **Wilfrid Kilian**.

Les conglomérats miocènes des régions subalpines nous ont fourni quelques nouveaux galets particulièrement intéressants que nous croyons utile d'énumérer en raison des conclusions qui découlent de leur étude, tant au point de vue de l'histoire géologique des Alpes françaises qu'en ce qui concerne le catalogue des types pétrographiques reconnus dans cette région.

Résumons d'abord les faits déjà acquis. L'un de nous [1] a signalé en 1915 à la Société géologique de France la présence, dans les conglomérats burdigaliens des environs immédiats de Grenoble, de galets typiques de *variolite* (du type Mont-Genèvre). M. Hippolyte Müller, le préhistorien bien connu de Grenoble, a recueilli à Quaix, et à la Rigaudière près de La Monta, *dans les assises redressées* de la mollasse marine caillouteuse du synclinal de Proveysieux, une jolie série de galets (Collection de la Faculté des Sciences de Grenoble) qui ne laisse aucun doute sur leur nature pétrographique. MM. Kilian et Müller ont rencontré également plusieurs cailloux roulés de variolites nettement caractérisées dans les conglomérats miocènes des environs de Saint-Nizier et de Lans (Isère). M. Kilian avait d'ailleurs jadis signalé l'existence de galets de variolite dans les conglomérats pontiens de la région de Mézel et Digne (Basses-Alpes). Ces observations montraient qu'à l'époque miocène les reliefs intraalpins à *pietre verdi* étaient déjà exposés aux actions de l'érosion et par conséquent déjà fortement plissés et mis à découvert. La provenance de tels galets ne peut guère s'expliquer que par des apports fluviatiles et torrentiels déversés dans la mer burdigalienne, le long de la côte de laquelle les remous les auraient fait cheminer du Sud vers le Nord. Il semble extrêmement peu probable qu'il existe des gisements de variolite d'un type aussi identique à celui du Mont-Genèvre dans la chaîne de Belledonne ni dans aucun des massifs voisins, et il est à présumer que les galets en question viennent de la zone du Briançonnais, de celle du Piémont ou d'une nappe émanant de ces zones. L'un de nous (W. K.) a recueilli, en effet, dans les mêmes conglomérats, avec les galets de variolite, des galets de quartzites triasiques, *d'origine certainement intraalpine;* et il est probable que les nombreux jaspes et argilophyres *rouges*, ainsi que les porphyres qui les accompagnent et que Ch. Lory avait déjà remarqués en leur attribuant une provenance différente (il les considérait comme originaires du Massif central), proviennent des assises permiennes (Verrucano) de la zone du Briançonnais. Ces éléments sont d'ailleurs mélangés, dans les conglomérats miocènes, avec une forte proportion de galets locaux d'origine subalpine et se rencontrent par nids et non également disséminés dans toute la masse.

On pouvait déduire de ces faits la conclusion que la formation des grands

---

(1) W. Kilian, *Présence de galets de variolite dans les conglomérats burdigaliens des environs de Grenoble et le Miocène des Basses-Alpes* (*C. R. Soc. géol. de France*, nos 10-11-12, mai 1915).

plis et des nappes intraalpines, dans les Alpes franco-italiennes, remonte *au moins au début de la période miocène*. A ces variolites et à ces jaspes, s'ajoutaient d'ailleurs d'autres roches, gabbros très altérés, micropegmatites, rhyolites, granite laminé, pélite, arkoses, quartzites, roches à radiolaires, recueillis dans les mêmes conglomérats, qui avaient été examinés et déterminés par MM. Lacroix et Kilian.

Il y a plus de vingt ans, H. Douxami ([1]) a rapproché certains galets des conglomérats miocènes en question de ceux qu'on rencontre dans le Flysch de quelques parties de la Suisse; il les considérait comme provenant des Alpes méridionales et allait jusqu'à admettre l'existence de *glaciers miocènes* pour expliquer leur origine lointaine. L'un de nous (W. K.) avait cependant constaté la présence, *dans les mêmes dépôts*, de galets provenant nettement des Alpes françaises (spilites, quartzites permiens, etc.) dans les environs de Pommiers (Isère).

On voit combien il était intéressant de soumettre à un examen pétrographique attentif les galets dont l'origine alpine n'est pas évidente.

Une série de 36 échantillons, de ces galets, recueillie ([2]) par l'un de nous dans les conglomérats miocènes (burdigaliens) de la tranchée du chemin de fer du Villard-de-Lans à Grenoble, entre les stations de Lans et de Saint-Nizier, a été soumise à une étude pétrographique complète. Elle s'est répartie de la façon suivante :

Échantillons de	diagnose incertaine	2
»	silex	1
»	quartz de micaschiste	1
»	calcaires (ou grès calcaires) à organismes	3
»	serpentine	5
»	aplite (ou aplite-pegmatite)	7
»	microgranite	3
»	rhyolite	5
»	trachyte à mica noir et pyroxène	7
»	tuf de rhyolite (ou de trachyte)	1
»	mylonite à débris de Cristallophyllien	1
	Total	36

([1]) Thèse pour le Doctorat, 1896 (*Annales de l'Université de Lyon*).

([2]) Les diagnoses établies par M. Termier seront publiées ultérieurement dans un Mémoire plus détaillé formant un Chapitre (consacré aux roches éruptives des Alpes françaises) de l'Ouvrage de MM. Kilian et Révil, en cours de publication (*Mém. Carte géol. de France*).

Les cinq galets de serpentine sont *certainement* de la même origine.

Les sept galets d'aplite sont *identiques entre eux*. Cette aplite ressemble à certaines aplites du Pelvoux.

Sur les trois galets de microgranite, deux paraissent provenir de la même région que les sept galets d'aplite; l'autre paraît être une variété profonde du rhyolite dont nous allons parler.

Les cinq galets de rhyolite proviennent, *à peu près sûrement*, de la même région volcanique, sinon du même volcan. Le fait qu'on y trouve des enclaves de micaschistes et de divers trachytes prouve deux choses : la région en question avait, sous elle, le Cristallophyllien à une faible profondeur; elle a eu des volcans trachytiques en même temps que des volcans rhyolitiques.

Le galet de tuf volcanique provient, *à peu près sûrement*, de cette même région rhyolitique.

Enfin, les sept galets de trachyte appartiennent à *un seul et même trachyte* qui, d'après les échantillons les plus frais, est un trachyte à mica noir et pyroxène. Ce trachyte se retrouve en enclaves dans le rhyolite. *Il a donc coulé dans la même région que le rhyolite* et probablement à la même époque géologique.

La métasomatose, assez avancée, de ce trachyte, ne permet guère de croire que son âge soit tertiaire. Il a l'aspect des roches volcaniques du Permien ou du Houiller qu'on appelait autrefois *orthophyres*. Le rhyolite des cinq galets a également l'aspect d'un rhyolite paléozoïque (porphyre pétrosiliceux des anciens auteurs).

Le gisement de ces roches volcaniques est actuellement inconnu. Le trachyte en question est *très différent* du trachyte houiller des Grandes-Rousses.

L'hypothèse qui nous paraît la plus probable est celle d'anciens volcans trachytiques et rhyolitiques d'âge permien, édifiés sur une aire probablement peu étendue, dans notre région alpine (chaîne de Belledonne, Pelvoux ou Briançonnais), *et totalement détruits par l'érosion miocène.*

Aucun des galets examinés ne semble venir du Plateau central et l'origine alpine est à peu près certaine pour tous.

A tous ces galets sont associés de nombreux cailloux roulés empruntés aux diverses assises sédimentaires intraalpines et subalpines.

Les données qu'on vient de lire mettent bien en évidence la *grande variété* que présentent les matériaux éruptifs contenus dans ces conglomérats

miocènes, alors que les conglomérats éocènes n'ont guère fourni que des aplites, des felsophyres (Allos), une dacite fluidale (P. Termier et P. Lory, de Chaillol), une andésite (P. Termier et P. Lory, de Chaillol), et des micaschistes basiques qui sont probablement des roches vertes laminées (environ de Mont-Dauphin et de Briançon, W. Kilian), suffisants cependant pour montrer que des dislocations (dislocations embryonnaires) importantes avaient, *dès l'époque éocène*, permis à l'érosion de s'exercer sur une partie de nos massifs alpins, alors ébauchés, et d'en remanier les éléments. A l'époque miocène, le développement des dislocations alpines et les progrès de l'érosion ont eu pour conséquence le démantèlement et le remaniement d'un plus grand nombre de roches encore et déterminé ainsi une plus grande abondance et une *plus grande variété* de galets d'origine éruptive dans les formations conglomératiques.

Il semble bien, en tout cas, qu'il faille abandonner définitivement l'idée de Ch. Lory et de L. Pillet, d'après laquelle les roches rouges ou violacées (jaspes et laves) des conglomérats miocènes de la région grenobloise seraient venues du Massif central. Ces roches sont, à nos yeux, *d'origine alpine*, tout comme les roches vertes (variolite, serpentine, etc.) et les débris cristallophylliens et granitiques qui leur sont associés.

M. DE SPARRE adresse la lettre suivante [1] :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie du n° 2 du *Bulletin spécial du Comité technique de la Société hydrotechnique de France*.

Dans le n° 1 de ce *Bulletin* [2], j'ai exposé la Théorie du Coup de Bélier dans une conduite d'épaisseur et de diamètre constant. Dans le numéro actuel, j'examine le cas de conduites formées de deux ou trois tronçons de diamètres différents et je développe, en les complétant, les résultats que j'ai donnés dans mes Communications des 19 mai 1913, 26 décembre 1916, 8 janvier, 30 avril et 22 octobre 1917 et 28 janvier 1918. Je donne en plus des différentes démonstrations une exposition plus complète que je n'avais pu le faire dans mes Communications.

J'examine d'abord le cas d'une conduite formée de deux tronçons, puis celle d'une conduite formée de trois tronçons. Pour ces deux sortes de

---

[1] Séance du 14 octobre 1918.
[2] Que j'ai précédemment offert à l'Académie.

conduites je développe d'une façon plus complète le cas où la durée de propagation est la même pour les différents tronçons et j'en fais l'application aux conduites de diamètre constant et d'épaisseur variable ([1]). Je montre que pour une pareille conduite, si la durée de fermeture est supérieure à celle d'une oscillation complète de l'eau et que la loi de fermeture soit linéaire, on peut, pour le calcul du coup de bélier maximum, lui substituer une conduite d'épaisseur constante et pour laquelle la durée de propagation soit la même. Au lieu de cela, dans le cas d'une fermeture suffisamment rapide, la diminution de l'épaisseur des parois de la partie supérieure peut augmenter le coup de bélier de 75 pour 100.

Je donne les formules qui permettent de calculer le coup de bélier dans le cas où le rapport des tronçons, qui composent la conduite, est quelconque; toutefois ces formules sont assez compliquées; j'indique par suite une première méthode approchée qui permet de se rendre compte très simplement des phénomènes, lorsque la durée de fermeture est supérieure à une période complète d'oscillation de l'eau, en substituant à la conduite donnée une conduite de diamètre et d'épaisseur constante convenablement choisie, puis une seconde méthode, un peu moins simple toutefois, mais qui s'appliquera à peu près à tous les cas.

M. **Augusto Righi** fait hommage à l'Académie d'un ouvrage intitulé : *I fenomeni elettro-atomici sotto l'azione del magnetismo*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de neuf de ses Membres qui feront partie du *Conseil supérieur des stations agronomiques et des laboratoires agricoles* institué par arrêté du Ministre de l'agriculture et du ravitaillement en date du 12 août 1918.

MM. **Armand Gautier**, **L. Guignard**, **J. Violle**, **E. Roux**, **E.-L. Bouvier**, **Schlœsing** fils, **A. Lacroix**, **L. Maquenne**, **Tisserand** réunissent la majorité des suffrages.

([1]) Les résultats de ces formules ont été remarquablement vérifiés par les expériences de MM. Camichel, Eydoux et Gariel.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats à une Chaire de *Chimie appliquée aux industries des matières colorantes, du blanchiment, de la teinture, des impressions et apprêts*, vacante au Conservatoire national des arts et métiers par le décès de M. *Rosenstiehl*.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de première ligne, le nombre de votants étant 28 :

M. Wahl obtient . . . . 27 suffrages
M. Tassart » . . . . 1 suffrage

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre de votants étant 17,

M. Tassart réunit l'unanimité des suffrages.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre du commerce comprendra :

En première ligne. . . . . M. André Wahl
En seconde ligne. . . . . M. L.-C. Tassart

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° F. Marguet. *Une histoire de la navigation* (1550-1750), traduit des *Éléments de Navigation*, de Robertson (1780).

2° *Biologie de la plaie de guerre*, par Pierre Delbet et Noël Fiessinger. (Présenté par M. Quénu.)

3° *Les établissements scientifiques de recherches agricoles en France et à l'étranger*, par Georges Wery. (Présenté par M. Tisserand.)

M. J. de Thézac adresse un rapport sur les résultats qu'il a obtenus à l'aide d'une subvention qui lui a été accordée sur la fondation Loutreuil en 1917.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'élasticité du ciment pur.* Note [1] de M. L. **Jouane**, présentée par M. A. Blondel.

Pour étudier les propriétés élastiques des mortiers et bétons de ciment, j'ai fait agir des forces très faibles, pour ne pas avoir de déformation permanente, et pris soin de définir avec grande précision la manière dont ces forces sont appliquées.

A cet effet, j'ai eu recours à la flexion pour utiliser des éprouvettes plus courtes, donc plus homogènes :

Ces éprouvettes étaient prismatiques, horizontales; une de leurs extrémités était encastrée dans un étau solidement scellé dans un mur; l'autre extrémité, sur laquelle la force était appliquée, était saisie dans une mâchoire suspendue par son crochet supérieur à l'extrémité du fléau d'une balance. Un miroir, fixé près du couteau de cette balance, servait à déterminer les inclinaisons du fléau et par suite les déformations de l'éprouvette par la méthode de Poggendorff. Pour obtenir que la charge variât proportionnellement au temps, j'ai utilisé l'écoulement du sable à travers l'orifice d'un ajutage fixé à la partie inférieure d'un entonnoir en verre; j'ai vérifié que le débit en poids du sable qui s'écoulait par cet orifice, dans un temps donné, était le même quelle que fût la hauteur du sable dans l'entonnoir.

Le crochet inférieur de la mâchoire de l'éprouvette supportait un entonnoir A contenant un certain poids de sable. Avant de serrer l'éprouvette dans la mâchoire, on équilibrait l'ensemble du plateau et de l'entonnoir, à l'aide de poids placé dans le plateau opposé de la balance. Des tubes amenaient sans vitesse, dans l'entonnoir A, le sable provenant d'un second entonnoir B. Les ajutages des entonnoirs A et B étaient choisis de manière à avoir le même débit.

Des obturateurs en fer, mus par des électro-aimants, permettaient d'ouvrir ou de fermer à distance les orifices des entonnoirs (ce procédé m'a été indiqué par M. Camichel). On ouvrait et fermait alternativement les orifices des entonnoirs A et B respectivement.

Ce jeu des obturateurs des entonnoirs A et B permettait de charger ou de décharger, d'une façon quelconque, l'extrémité mobile de l'éprouvette, les forces étant toujours proportionnelles au temps.

Voici les nombres obtenus pour une éprouvette :

Éprouvette n° 2 fabriquée le 23 décembre 1917 :

Pâte pure de ciment prompt ordinaire (plutôt médiocre)...	1000g
Eau...	350g

(1) Séance du 30 septembre 1918.

Éprouvette conservée à l'air :

	Dimensions.
Longueur	$l =$ 38cm,6
Largeur	$b =$ 2cm,96
Épaisseur	$a =$ 1cm,43
Poids	286g,07
Densité	$\delta =$ 1,75

Cette éprouvette, placée dans l'appareil, a été soumise à des forces atteignant progressivement 500g alternativement dans les deux sens, de haut en bas et de bas en haut (le sable s'écoulait à raison de 58g,8 par minute). On observait l'inclinaison du fléau toutes les deux minutes.

Les résultats sont consignés dans le Tableau suivant :

Temps en minutes.	Charges en grammes (¹).	Indications de l'appareil.	Flexion en millimètres (²).
0	10	280,00	0
2	117,6	283,75	0,21
4	235,2	287,50	0,42
6	352,9	291,25	0,63
8.30s	500,0	295,75	0,89
10	411,8	293,00	0,74
12	294,1	289,50	0,54
14	176,5	286,00	0,34
16	58,8	282,25	0,13
18	− 58,8	278,50	−0,08
20	−176,5	274,75	−0,30
22	−294,1	271,00	−0,51
24	−411,8	267,25	−0,72
25.30s	−500,0	264,50	−0,88
26	−470,6	265,50	−0,82
28	−352,9	269,25	−0,61
30	−235,2	272,75	−0,41
32	−117,6	276,50	−0,20
34	0	280,00	0
36	117,6	283,75	0,21
38	235,2	287,50	0,42
40	352,9	291,25	0,63
42.30s	500,0	295,75	0,89
44	411,8	293,00	0,74
46	294,1	289,50	0,54
48	176,5	285,75	0,32
50	58,8	282,00	0,11
51	0	280,00	0

(¹) Les charges positives sont dirigées vers le haut.

(²) Un déplacement de 1cm du spot correspond à une déformation de 0cm,0565 de l'extrémité de l'éprouvette.

Ces nombres montrent que, pour les charges employées, les déformations sont proportionnelles aux forces et qu'il n'y a pas de déformations permanentes. Il existe donc pour ces déformations un coefficient d'élasticité bien déterminé. Pour l'éprouvette en question, ce coefficient E_f est calculé par la formule

$$E_f = \frac{4 P l^3}{a^3 b f};$$

P, force exprimée en kilogrammes = 0,500; f, déformation correspondante en centimètres = 0,089; l, distance en centimètres des points de fixation à la mâchoire et à l'étau = 34,65; a, épaisseur de l'éprouvette en centimètres = 1,43; b, largeur de l'éprouvette en centimètres = 2,96; on trouve

$$E_f = 1{,}080 . 10^5 \text{ kilogrammes par centimètre carré.}$$

J'ai cherché si l'on pouvait retrouver ce même coefficient d'élasticité par une autre méthode également basée sur la flexion. Pour cela, j'ai écarté la lame de ciment de sa position d'équilibre et j'ai enregistré ses oscillations sur un cylindre enfumé. J'ai obtenu avec l'échantillon précédent 45,5 oscillations par seconde. En appliquant la formule

$$E_v = \frac{48\, \delta \pi^2 N^2 l^4}{a^2 \times \overline{1,87}^4 \times 9,81 \times 10^5},$$

dans laquelle E_v est le coefficient d'élasticité en kilogrammes par centimètre carré; δ la densité en grammes masse par centimètre cube = 1,75; N le nombre d'oscillations par seconde = 45,5; l la distance en centimètres de l'extrémité fixée à l'extrémité libre de l'éprouvette = 35,2; on obtient

$$E_v = 1{,}074 . 10^5 \text{ kilogrammes par centimètre carré.}$$

Avec d'autres éprouvettes, j'ai obtenu :

E_f.	E_v.
$1{,}080 . 10^5$	$1{,}074 . 10^5$
$1{,}000 . 10^5$	$1{,}010 . 10^5$
$9{,}017 . 10^4$	$9{,}012 . 10^4$

La concordance, comme on le voit, est très satisfaisante, et l'on peut donc conclure de ces expériences qu'une éprouvette donnée, à un moment donné, a un coefficient d'élasticité bien déterminé.

RADIOLOGIE. — *X-Fluoromètre à étalon radioluminescent.* Note [1] de MM. **Guilleminot, H. Cheron** et **R. Biquard**, présentée par M. J. Violle.

L'un de nous a montré les avantages de la mesure fluoroscopique de l'intensité du rayonnement X et la possibilité d'employer un appareil fluorométrique soit pour les mesures de laboratoire relatives à l'intensité et à la qualité d'un rayonnement, soit pour les mesures que nécessite la radiothérapie [2].

L'appareil réalisé sur ce principe nécessite l'emploi d'un étalon de fluorescence constitué par un petit écran de platinocyanure de baryum soumis, durant les mesures, à l'irradiation d'un sel de radium placé dans des conditions définies.

La difficulté qu'il y a à se procurer ce sel de radium et son prix élevé (2000^{fr} environ) ont fait essayer la substitution d'une plage lumineuse étalon à la plage platinocyanure-radium. Ce procédé avait déjà été tenté par Contremoulins à l'aide d'une flamme d'acétylène éclairant un écran, à travers une solution de sulfate de cuivre [3]. Il a été réalisé plus simplement, grâce aux progrès de construction des lampes électriques, au moyen d'une plage de verre dépoli éclairée par une petite lampe à incandescence à travers un filtre coloré convenable [4].

Les multiples applications faites aujourd'hui des sels radioluminescents (sulfure de zinc luminescent additionné de très faibles doses de sels de radium) nous ont fait songer à l'emploi d'un étalon luminescent constitué par une feuille luminescente Muguet (feuilles préparées par M. Muguet, et présentant toute une échelle de luminosité).

La couleur de la luminescence étant presque identique à celle du platinocyanure, les comparaisons photométriques sont extrêmement faciles.

L'éclat intrinsèque de la luminosité du sulfure de zinc est susceptible de varier avec le temps.

Cette variation est d'autant plus rapide que la préparation est plus

---

(1) Séance du 14 septembre 1918.

(2) Guilleminot, *Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 711; t. 146, 1908, p. 597; t. 148, 1909, p. 652.

(3) Contremoulins, *Annales d'Électrobiologie et de Radiologie*, 1905.

(4) Guilleminot, *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 701.

lumineuse, c'est-à-dire plus riche en radium, ainsi que l'a reconnu M. Muguet. Il y a donc intérêt à employer, pour un étalon, les luminosités faibles.

Or celle qui convient pour équivaloir à la luminosité d'une plage de platinocyanure irradiée par un rayonnement X n° 6 d'une unité M d'intensité est relativement faible (n° 5 de la série Muguet : $\frac{5}{100}$ de milligramme de $RaBr^2 2H^2O$ par gramme de sulfure). Cet étalon ne perd que 3 à 5 pour 100 de son éclat en 1 an.

Un photomètre pratique peut donc être constitué par un simple tube ou une simple bonnette présentant, au fond, à côté de la plage étalon une plage de platinocyanure soumise au rayonnement X à mesurer. On s'éloigne du tube X jusqu'à équivalence des éclats. Un ruban métrique, comme dans le fluoromètre primitif, donne la distance à l'anticathode ; une règle à calculs spéciale fournit l'intensité.

Afin de protéger l'opérateur contre l'action nocive des rayons X, la lunette fluorométrique a été modifiée par l'adjonction d'un prisme à réflexion totale (dispositif Biquard). Ainsi ont été effectuées une série de mesures.

L'absorption des rayons X par l'air atmosphérique introduit une cause d'erreur qui risque de mettre en défaut l'application pure et simple de la loi du carré de la distance. Mais en pratique l'erreur est à peu près négligeable jusqu'à $1^m,75$ et même 2^m. Au delà il est facile d'introduire une correction.

La luminescence du sulfure de zinc radifère est augmentée notablement par l'action des rayons X. On conserve à l'étalon sa valeur constante dans le champ X en le protégeant par un écran de plomb.

En résumé, à condition de renouveler tous les ans le double système écran-étalon et écran-platinocyanure, il est possible de mettre aux mains des praticiens un X-fluoromètre pratique donnant une précision bien supérieure à celle de tous les quantitomètres en usage.

BOTANIQUE. — *Étude de la génération sexuée d'une algue brune.* Note (¹) de M. **Pierre Georgevitch**, présentée par M. Costantin.

Examinons le développement de la génération sexuée du *Padina pavonia* Lamour.

(¹) Séance du 7 octobre 1918.

1° *Développement de l'oogone.* — Les oogones du *Padina pavonia* Lamour se trouvent aussi sur des individus spéciaux dans les sores linéaires et concentriques. L'oogone se forme d'une cellule de la couche assimilante du thalle, laquelle donne, par les divisions successives, une petite cellule basale, souvent une cellule de col et l'oogone lui-même. Cette cellule initiale, que nous nommerons le *rudiment de l'oogone*, possède dans sa partie inférieure une ou deux vacuoles, tandis que sa partie supérieure est occupée par un dense cytoplasme et les chloroplastes. Dans cette partie se trouve aussi le noyau sphérique avec un centrosome en forme de baguette recourbée et la radiation sur son pôle distal, mais tous les deux sont moins nets sur le pôle distal.

Au commencement de la prophase les filaments chromatiques sont épais, irrégulièrement distribués et bientôt se segmentent dans les chromosomes. Pendant tout ce temps, le nucléole est bien visible et se colore intensivement. Par suite du développement le noyau s'allonge et devient plus ovale, ayant toujours son centrosome et la radiation bien distincts sur son pôle distal, mais moins nets sur son pôle proximal.

Lorsque les chromosomes apparaissent, ils se rangent sur l'équateur du fuseau, formant ainsi la plaque nucléaire. Dans ce stade, le nucléole a disparu, mais un fuseau intranucléaire, assez mince, s'est formé. Le nombre des chromosones est de 12; ce qui représente un nombre réduit (haploïde) qui se trouve également dans les autres cellules du gamétophyte. Les chromosomes se fendent longitudinalement et leurs moitiés atteignent les pôles du fuseau, formant ainsi deux noyaux-filles, l'un pour la cellule basale et l'autre pour la cellule-mère de l'oogone, qui croît un peu, mais ne se divise plus.

2° *Développement des anthéridies.* — Les anthéridies sont rangées dans les sores linéaires et longitudinaux entre les oogones et sont formées des cellules de la couche assimilante du thalle. Nous nommerons ces cellules les *rudiments des anthéridies*, dont le noyau a la forme d'une lentille montrant un centrosome à chaque extrémité.

La cellule basale se sépare de la cellule-mère d'anthéridie pendant que son rudiment est encore jeune. Le noyau de la cellule-mère d'anthéridie est allongé à présent dans la direction de l'axe le plus long de la cellule et montre une excroissance à chacun des pôles du fuseau où l'on voit clairement le centrosome avec sa radiation. Les stades de prophase, de la métaphase et de l'anaphase sont analogues à ceux des oogones. Le nombre des chromosomes comptés du pôle, ainsi que du côté latéral, est toujours de 12, ce qui est un nombre haploïde.

Dans la télophase la masse chromatique s'agglomère en deux parties inégales, dont la plus grande représente probablement le jeune nucléole.

La cellule basale est séparée par une cloison transversale de la cellule mère d'anthéridie, qui se divise ensuite par une cloison horizontale au thalle.

La cellule du milieu se divise ensuite en deux parties par une cloison verticale au thalle, tandis que la quatrième cloison est horizontale au thalle et la cinquième verticale. De cette manière chaque cellule basale, ne se divisant plus, porte sur sa surface supérieure deux rangées de petites cellules qui donneront des anthérozoïdes.

D'après les données décrites ci-dessus, il est certain que nous avons dans le cycle évolutif du *Padina pavonia* un cas d'alternance des générations, parce que le sporophyte (la génération asexuée) dont les cellules contiennent 24 chromosomes (le nombre diploïde) forme les tétraspores, tandis que le gamétophyte (la génération sexuée) dont les cellules contiennent 12 chromosomes (le nombre haploïde) forme les oogones et les anthéridies.

Par ce fait, le genre *Padina* se distingue aussi du genre *Dictyota*, dont les cellules du sporophyte contiennent 32 chromosomes, tandis que les cellules du gamétophyte contiennent 16 chromosomes.

BACTÉRIOLOGIE. — *Contribution à l'étude des vitamines utilisables à la culture des microorganismes. Application au bacille de l'influenza* (*B. de Pfeiffer*). Note de MM. **H. Agulhon** et **R. Legroux**, présentée par M. E. Roux.

La notion des vitamines, hormones de croissance, a été étendue à la microbiologie par de récents travaux (¹). L'influence favorisante des liquides naturels (sang, sérum, ascite, etc.) sur les cultures des microorganismes est expliquée non plus par l'introduction dans le milieu d'albumines intactes, mais par la présence de vitamines de croissance dans ces liquides. D'après les auteurs cités en note, les vitamines, dont la nature est encore indéter-

(¹) D.-Jordan Lloyd, *British Med. Journ.*, t. 2, 1916, p. 143, et *J. of Pathol. and Bact.*, t. 21, 1916, p. 113.

M.-H. Cordon et T.-C.-M. Hyne (avec une Note de Martin Flack), *British Med. Journ.*, t. 2, 1916, p. 678.

Sydney-W. Cole et D.-Jordan Lloyd, *J. of Pathol. and Bact.*, t. 21, 1916, p. 267.

Les travaux de ces auteurs portent sur le méningocoque et sur le gonocoque.

minée, sont des substances solubles dans l'eau et l'alcool, résistantes à un chauffage à 100° *en présence de gélose ou de gélatine*, détruites à une température supérieure; elles ne sont pas filtrables, le papier à filtrer les retenant.

Nous avons repris l'étude des hormones de croissance présentes dans le sang au cours d'essais de cultures du B. de Pfeiffer, dont un des caractères spécifiques est de ne pousser que sur milieux au sang. Nous sommes arrivés, d'une part, à des résultats pratiques pour la confection des milieux favorables, et, d'autre part, nous avons pu préciser quelques-unes des propriétés des vitamines.

1° *Préparation d'extraits de sang riches en vitamines. Préparation des milieux : Méthode A.* — Précipiter le sang défibriné par 4^{vol} d'alcool absolu; laisser en contact 30 minutes, enlever l'alcool par centrifugation ou filtration; reprendre le précipité par le même volume d'eau physiologique à température ordinaire, ou à 80°; laisser en contact une heure en agitant, filtrer ou centrifuger. Opérer aseptiquement ou passer à la bougie Chamberland F. La solution aqueuse ainsi obtenue, presque incolore, est riche en vitamines.

Méthode B (recommandée pratiquement). — Étendre le sang défibriné de 4^{vol} d'eau physiologique, chauffer 15 minutes au bain-marie à 80°, en agitant fréquemment, filtrer sur papier ou centrifuger. Si l'on n'a pas opéré aseptiquement, filtrer à la bougie Chamberland F. La solution aqueuse légèrement colorée en brun et un peu opalescente est plus active que le liquide obtenu par la méthode A.

Les solutions de vitamines obtenues par ces deux méthodes, ajoutées aux milieux de culture usuels à la dose de 5 à 10 pour 100, permettent d'obtenir d'abondantes cultures de B. de Pfeiffer. A doses faibles (1 pour 100), on obtient encore des résultats positifs, mais les cultures se développent lentement et sont moins épaisses; les colonies restent petites.

Les sangs d'oiseaux, d'anguille, de cheval donnent les mêmes résultats.

2° *Recherche de la partie active du sang.* — Dans la préparation des liquides actifs, nous avons indiqué l'emploi du sang complet défibriné. Postérieurement, par une suite d'essais, nous avons établi que les *vitamines se trouvent dans la partie figurée du sang*. L'addition aux milieux de culture de sérum, ou de liquide obtenu à partir du sérum par la méthode B, donne des résultats négatifs. Au contraire, les globules lavés donnent, par la

méthode B, une solution active. Nous avons recherché si les vitamines étaient dans l'hémoglobine ou les stroma globulaires; or une solution d'hémoglobine cristallisée ou une suspension aqueuse de stroma globulaires lavés, traités par la méthode B, ont donné des liquides inactifs. La macération à froid de globules dans l'eau physiologique ne renferme pas de vitamines en quantité appréciable même après 24 heures de contact, tandis que les vitamines entrent en solution par un laquage des globules à l'eau distillée.

On a donc l'impression que les vitamines se trouvent fixées dans le corps globulaire et qu'une destruction de l'élément figuré soit par l'alcool fort, soit par la chaleur, soit par laquage, les met en liberté de leur complexe organisé et les laisse passer en solution dans l'eau.

3° *Propriétés des vitamines favorisant la culture du B. de Pfeiffer.* — Ces vitamines sont solubles dans l'eau distillée et dans l'eau physiologique. Leur solubilité dans l'alcool est douteuse. En traitant par 4^{vol} d'alcool à froid 1^{vol} de globules frais lavés, la solution alcoolique obtenue est inactive; si la macération est faite à 80°, la solution alcoolique est très faiblement active, la même opération avec l'acétone donne à chaud comme à froid des solutions inactives.

Le chauffage en présence d'alcool ou d'acétone à 80° suivi d'une dessiccation à basse température ne détruit pas les vitamines; on peut les extraire par l'eau et à froid de la poudre ainsi obtenue.

Les solutions aqueuses de vitamines, préparées à partir du sang total, perdent une partie de leur activité par chauffage de 15 minutes à 90°. Cette activité est plus stable si les vitamines se trouvent en milieu gélosé; elle ne s'atténue alors qu'à 100°, plus à 110°; sa disparition semble totale à 120°.

Les solutions aqueuses peuvent être filtrées sur papier ou sur bougie Chamberland F sans atténuation apparente de leur activité. Cette dernière propriété permet de préparer des milieux stériles, ainsi que nous l'avons indiqué, sans recourir comme les auteurs antérieurs à des chauffages répétés à 100°, et de conserver l'activité totale des produits. La fabrication de milieux liquides renfermant des vitamines devient très simple, alors qu'elle se compliquait, dans la méthode de Lloyd, d'une digestion trypsique de la gélatine.

Nous avons cru devoir publier ces premiers essais qui apportent des résultats pratiques immédiatement utilisables. Nous continuons nos recherches. D'autres microbes peuvent profiter de l'addition de solutions

de vitamines (rapidité et abondance de culture); les vitamines ne semblent pas être spécifiques pour une seule ou quelques espèces bactériennes. D'autre part, il faudra rechercher les différentes sources de vitamines, étudier leur électivité si elles en possèdent, essayer de déterminer leur nature, le mécanisme de leur action. Ces catalyseurs de croissance doivent-ils, comme les diastases, leur activité à un état physique particulier ou bien seulement à leur composition chimique? Certaines de leurs propriétés, que nous avons précisées, rendent la première hypothèse assez vraisemblable.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la production de substances bactéricides non spécifiques au moyen des vaccins antistaphylococciques et antistreptococciques* in vivo *et* in vitro. Note de Sir **Almroth E. Wright**, présentée par M. E. Roux.

Il a été établi, par les expériences déjà publiées de l'auteur, que les microbes de la plaie infectée se laissent classifier en *sérosaprophytes* et *sérophytes*. Les microbes appartenant à la première de ces catégories (et ce sont la grande majorité des espèces microbiennes), tout en trouvant dans les écoulements corrompus de la plaie un milieu de culture approprié, ne peuvent se cultiver dans les liquides sanguins normaux. Le sérum et la lymphe normaux exercent sur cette catégorie de microbes un effet empêchant ou bactéricide. Les microbes de la deuxième catégorie (et il s'agit ici en première ligne du staphylocoque et du streptocoque) se cultivent au contraire facilement dans le sérum normal. Au lieu d'exercer sur ces microbes un effet bactéricide, ou sensiblement empêchant, ce sérum constitue pour eux un excellent milieu nutritif et nous fournit pour leur culture un milieu électif précieux.

Il s'ensuit que, pour tuer le staphylocoque ou le streptocoque au moyen du sang normal, il n'y a d'autre ressource que de recourir aux leucocytes. Et l'on peut, en effet, en recourant à ces éléments, arriver à une destruction du staphylocoque et du streptocoque *in vitro*. Mais il y a pour cela des dispositions spéciales à prendre. Il est à conseiller d'employer des leucocytes émigrés et il est essentiel d'éloigner tout surplus de sérum qui fournirait pour ces microbes un milieu de culture favorable.

On peut, pour tuer les microbes *in vitro*, agir de deux différentes manières : on peut employer ou bien des leucocytes retenant entre eux un

reste de sérum (la destruction des microbes se fait alors par la phagocytose), ou bien on peut éloigner les dernières traces de sérum (la destruction des microbes se fait alors avec la même intensité). Et dans ce cas il s'agit, suivant toute apparence, d'une libération de substances bactéricides non spécifiques venant des leucocytes vivants mis en rapport avec des microbes.

Tel est le point de départ des présentes études. Il s'agissait surtout de voir si l'on pourrait, par le moyen des vaccins staphylococciques et streptococciques, aboutir à une production de substances bactéricides non spécifiques.

C'est donc cette question que j'ai étudiée avec l'aide de mon élève, le capitaine L. Colebrook. Voici les méthodes que nous avons employées et les résultats les plus importants de ces expériences. Nous avons injecté nos vaccins à des lapins dans la veine de l'oreille. Préalablement, nous avions isolé une des veines jugulaires, fermant soigneusement tous les affluents latéraux et posant au-dessous de la veine des ligatures d'attente dans la partie supérieure et inférieure du cou. De cette façon, nous étions à même de serrer les nœuds sur la veine après l'injection du vaccin et d'isoler une portion de sang mélangé au vaccin dans l'intérieur du corps dans un récipient à parois imperméables. Nous avons en même temps, avec toutes précautions aseptiques, introduit aux flancs de l'animal, dans le tissu sous-cutané, des morceaux de lint stérilisé destinés à recueillir le suc des tissus. Ceci fait, nous faisions une petite prise de sang dans la veine de l'oreille et, immédiatement après, l'injection du vaccin dans la veine du côté opposé. Celle-ci était suivie à peu près directement d'une seconde prise de sang et, aussitôt après, on opérait la clôture de la jugulaire.

D'autres petites prises du sang circulant ont été faites de demi-heure en demi-heure et, au moment de la sixième prise, 2 heures et demie après l'injection du vaccin, nous avons retiré le sang qui était resté isolé dans la jugulaire et en même temps un des fragments du lint placé sous la peau. Les autres ont été retirés ensuite, un à un et de jour en jour, pour en exprimer le suc.

Voici compendieusement les résultats de ces expériences. Déjà presque aussitôt après l'injection d'une dose appropriée de vaccin (il s'agit ici d'une dose bactéricide à plusieurs millions de staphylocoques morts), un pouvoir bactéricide non spécifique commence à se manifester dans le sérum, et ce pouvoir va en augmentant au moins pendant les premières heures après l'injection du vaccin. Ce pouvoir se manifeste non seulement

dans le sang circulant, mais aussi et d'une façon beaucoup plus intense dans le sang isolé dans la jugulaire.

Prenons comme nouveau point de départ, pour nos raisonnements et nos expériences ultérieures, ce fait de la production d'une substance bactéricide non spécifique dans la veine contenant un sang isolé additionné d'un vaccin staphylococcique ou streptococcique. Cette production serait évidemment à rapporter ou bien à l'endothélium ou bien au sang même. Il est clair que c'est à ce dernier que nous avons dû provisoirement la rapporter. De sorte que nous étions évidemment contraints de répéter sur le sang *in vitro* les expériences réussies *in vivo* et, d'autre part, de répéter *in vivo* toutes expériences supplémentaires qui réussiraient sur le sang *in vitro*.

Nous avons tout d'abord repris les expériences ci-dessus décrites sur le lapin en y apportant seulement la légère modification de prélever à chaque prise de sang, au lieu d'un seul, deux échantillons dont l'un des deux resterait à froid pendant que l'autre serait mis à l'étuve. Il ressortit des comparaisons instituées entre ces deux séries d'échantillons qu'il se produisait à l'étuve une élaboration de substances bactéricides à peu près comparable à celle qui se produisait dans le sang isolé dans la jugulaire.

Ces données obtenues, il ne manquait que l'expérience cruciale, à savoir : de mélanger le vaccin directement *in vitro* au sang retiré de l'organisme.

Je présente ici en forme de Tableaux des échantillons des résultats obtenus dans ces expériences.

Expérience I. — Sang de l'auteur mélangé *in vitro* dans la proportion de 9^{vol} de sang d'une part à 1^{vol} d'eau physiologique et, d'autre part, à 1^{vol} de vaccin staphylococcique plus ou moins riche en corps microbiens.

Après 2 heures et demie à l'étuve, le sérum de chaque portion de sang est éprouvé en l'ensemençant avec des dilutions progressives d'un mélange de staphylocoques et streptocoques. 12 à 14 heures après, contrôle microscopique et cultural du résultat.

TABLEAU I.

Dilutions progressives du mélange bactérien ensemencé.

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
A.		Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	o	o
		Str	Str	Str	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
B.		Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	o	o	o	o	o	o	o
		Str	Str	Str	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
C.		Sta	Sta	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		o	o	Str	Str	o	o	o	o	o	o	o	o	o
D.		Sta	Sta	Sta	Sta	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		Str	Str	Str	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

A = Sérum du sang de contrôle. — B = Sérum du sang traité par 1000 staphylocoques morts par centimètre cube. — C = Sérum du sang traité par 3300 staphylocoques morts par centimètre cube. — D = Sérum du sang traité par 1000 staphylocoques morts par centimètre cube.

Expérience II. — Sang de l'auteur mélangé *in vitro* à un vaccin streptococcique plus ou moins riche en corps microbiens.

Mêmes dispositions et même épreuve. 18 heures à l'étuve.

TABLEAU II.

Dilutions progressives du mélange bactérien ensemencé.

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
A.		Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	o	o	o	o	o	o	o
		Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str
B.		Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	o	o	o	o	o
		Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str
C.		Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	o	o	o	o
		Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str
D.		Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	o	o	o	o	o
		Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	o	o	o	o	o
E.		Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	o	o	o	o	o	o	o
		Str	Str	Str	o	o	o	o	o	o	o	o	o

A et B = Sérum du sang de contrôle (A, portion I; B, portion II). — C = Sérum du sang traité par 500 streptocoques morts par centimètre cube. — D = Sérum du sang traité par 60 streptocoques morts par centimètre cube. — E = Sérum du sang traité par 30 streptocoques morts par centimètre cube.

Expérience III. — Inoculation du sang de l'auteur *in vitro* avec un dixième d'un vaccin staphylococcique contenant 25000 staphylocoques par centimètre cube.

Mêmes dispositions et même épreuve. 3 heures à l'étuve.

TABLEAU III.

Dilutions progressives du mélange bactérien ensemencé.

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
A.	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	o	o	o	o	o	o	o
	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	o	o
B.	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	o	o	o	o	o	o	o
	Str	Str	Str	Str	Str	Str	o	o	o	o	o	o	o
C.	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	o	o	o	o	o	o	o	o
	Str	Str	Str	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

A = Sérum du sang de contrôle. — B et C = Sérum du sang immunisé (B, portion I; C, portion II).

Expérience IV. — Inoculation du sang de l'auteur *in vitro* avec un dixième d'un vaccin staphylococcique contenant 40000 staphylocoques par centimètre cube.

Mêmes dispositions et même épreuve. 2 heures et demie à l'étuve.

TABLEAU IV.

Dilutions progressives du mélange bactérien ensemencé.

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
A.	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta
	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	o
B.	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	o	o	o	o	o	o	o
	Str	Str	Str	Str	Str	Str	o	o	o	o	o	o	o
C.	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	o	o	o	o	o
	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	o	o	o	o	o

A = Sérum du sang de contrôle. — B et C = Sérum du sang immunisé (B, portion I; C, portion II).

Expérience V. — Inoculation *in vitro* du sang d'un homme normal qui

devait, le jour suivant, fournir son sang pour la transfusion d'un blessé avec grave infection streptococcique.

Mêmes dispositions et même épreuve. 3 heures à l'étuve.

TABLEAU V.

Dilutions progressives du mélange bactérien ensemencé.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
A.	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	o	o
	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	o
B.	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	o
	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str	Str
C.	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	Sta	o	o	o	o	o
	Str	Str	Str	Str	Str	Str	o	o	o	o	o	o	o	o

A et B = Sérum du sang de contrôle (A, portion I; B, portion II). — C = Sérum du sang traité par 1000 staphylocoques par centimètre cube.

Il ressort très clairement de ces expériences qu'on peut, avec une addition directe de vaccin au sang extravasculaire, arriver à une production de substances bactéricides non spécifiques. Il ressort aussi que cette production dépend en première ligne de la dose de vaccin employée. Il se voit, par exemple, dans le Tableau II que nous avons, avec une addition de 30 streptocoques par centimètre cube de sang, une réaction fructueuse; avec 60 une réaction un peu moins fructueuse et avec 500 streptocoques par centimètre cube de sang, à ce qu'il paraît, au lieu d'une réaction immunisante, une phase négative. On aboutit au même avec des doses excessives du vaccin staphylococcique. Les résultats quant au dosage sont influencés aussi par la durée de l'incubation.

Tous ces phénomènes étudiés *in vitro* se retrouvent *in vivo*. Quant au dosage dans les inoculations *in vivo* (il n'est question ici que des inoculations interveineuses) nous avons placé des nœuds ouverts sur les deux jugulaires, et alors fait deux inoculations successives de vaccin dans la veine de l'oreille. Après la première injection ne comportant qu'une très petite dose nous avons serré les nœuds sur la jugulaire du côté opposé, et après la deuxième injection fait de même sur la jugulaire correspondant à la veine auriculaire réceptrice. De cette façon nous étions à même de faire la comparaison entre l'effet produit sur le sang *in vivo* par la dose de choix et l'effet produit par une dose excessive. Les résultats étaient tout à fait

pareils à ceux obtenus dans les prises de sang correspondantes placées à l'étuve et, d'autre part, à ceux obtenus par l'addition directe du vaccin *in vitro*.

Quant à la sérosité qui imprègne les fragments de lint placés sous la peau, elle possédait, après 24 et 48 heures, un pouvoir bactéricide non spécifique supérieur à tout ce que nous avons observé pour le sang. Alors que le deuxième jour la propriété bactéricide avait disparu du sang, elle n'était pas diminuée dans la sérosité retirée avec les morceaux de lint.

Il semble tout indiqué d'essayer, sur les malades infectés, la transfusion non pas avec du sang ordinaire, mais avec du sang auquel on aurait conféré le pouvoir bactéricide par le contact préalable avec une dose convenable de vaccin.

Au lieu d'injecter dans un but soit préventif, soit curatif, une dose arbitraire de vaccin, on doit rechercher s'il ne conviendrait pas de déterminer au préalable, par une expérience *in vitro*, quelle est la quantité de vaccin qui, mélangée à une quantité donnée de sang, produit le plus haut pouvoir bactéricide.

Quant il s'agit d'obtenir un pouvoir bactéricide non spécifique, il n'est pas indispensable d'employer le microbe causant l'infection; un vaccin qui donnerait un pouvoir bactéricide supérieur serait préférable (Tableau V).

L'apparition du pouvoir bactéricide dans un sang contenant des microbes et placé à l'étuve, pourrait expliquer l'échec des hémocultures, même quand il s'agit de bactéries sérophytes.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *La grippe est-elle une maladie à virus filtrant?* Note de M. R. DUJARRIC DE LA RIVIÈRE, présentée par M. Roux.

Pour essayer de déterminer si le virus de la grippe est une maladie à virus filtrant et si de ce fait les microbes trouvés dans le sang (pneumocoque, streptocoque) ne sont que des microbes *de sortie*, nous avons pratiqué l'expérience suivante :

Le 8 octobre 1918, j'ai choisi, dans le pavillon des grippés graves de l'hôpital 45, à T..., quatre malades grippés parmi les plus graves (l'un d'eux est mort). A chacun nous avons prélevé 20^{cm^3} de sang : 5^{cm^3} ont servi à pratiquer des hémocultures qui, toutes les quatre, ont été négatives; le reste a été défibriné et les quatre sangs mélangés ont été passés à la bougie Chamberland (L_3). Le filtrat a été utilisé ainsi : une partie a servi à inoculer

des lapins (nous poursuivons des recherches sur la transmission du virus par voie nerveuse, particulièrement dans les formes dites *formes asphyxiques*, et qui sont sans doute des formes bulbaires).

Je me suis fait inoculer sous la peau 4^{cm^3} de ce filtrat. Les résultats ont été les suivants :

Aucune réaction locale, ni immédiate, ni tardive. Pendant deux jours aucun symptôme morbide; état absolument normal. Le troisième et quatrième jour, après un début assez brusque, céphalée frontale intense et persistante, douleurs généralisées, mais particulièrement marquées dans les membres inférieurs (tibialgies), et dans les muscles de la nuque; douleurs lombaires, mais pas très intenses. Sensibilité au froid; asthénie; température entre 37°,8 et 38°,2 (dans les huit jours qui ont précédé l'expérience, la température prise deux fois par jour se maintenait entre 36°,8 et 37°).

Légère dysphagie, pas d'albumine dans les urines. Du quatrième au cinquième jour nuit agitée, cauchemars, sueurs. Puis le cinquième jour disparition des douleurs; euphorie très agréable après la sensation de malaise général, indéfinissable qui a marqué les deux jours précédents. Les jours suivants tout paraît rentré dans l'ordre, sauf un certain degré d'asthénie qui persiste, lorsque le septième jour apparaissent des troubles cardiaques qui persistent encore : douleurs précordiales intermittentes mais très pénibles, irrégularité du pouls, essoufflement au moindre effort.

Dans le but de vérifier si cette première inoculation m'avait conféré une immunité contre la grippe, j'ai, au dixième jour, complété cette première expérience par la suivante : des crachats de grippés sont émulsionnés dans l'eau physiologique, brassés dans un flacon contenant des perles de verre et passés à la bougie Chamberland (L_3). Avec le filtrat je me suis fait badigeonner fortement la gorge, le rhino-pharynx et la muqueuse nasale. Cette seconde inoculation n'a déterminé aucun symptôme morbide.

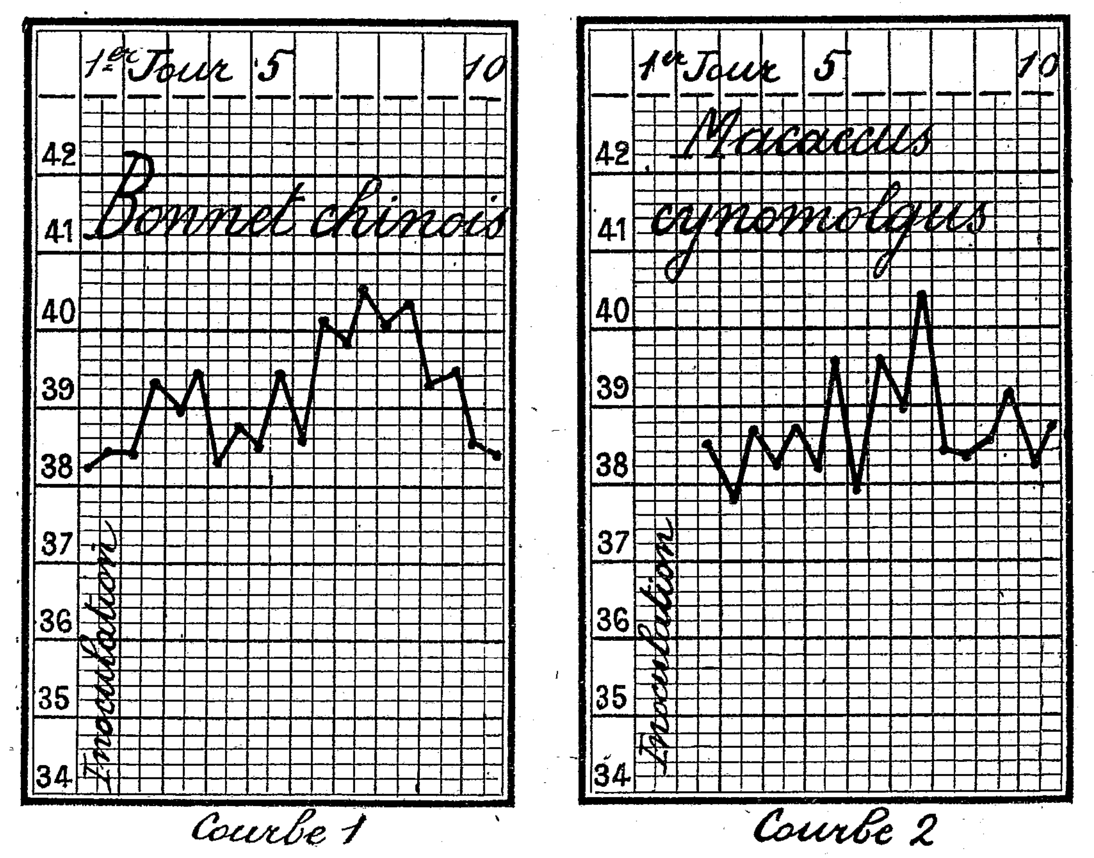
Cette expérience nous avait paru utile comme prélude à d'autres recherches sur le virus de la grippe. Elle ne porte que sur un cas, mais la seconde expérience contrôle la première, et le fait pourra peut-être contribuer à éclaircir la pathogénie de la grippe.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Quelques notions expérimentales sur le virus de la grippe.* Note [1] de MM. **Charles Nicolle** et **Charles Lebailly**, présentée par M. E. Roux.

L'extension à Tunis de l'épidémie actuelle de grippe nous a permis de réaliser les expériences qui suivent.

[1] Séance du 14 octobre 1918.

Expérience I. — Le sujet 1 est atteint de grippe, après trois autres membres de sa famille. Le 1er septembre (troisième jour de la maladie), nous inoculons avec son expectoration bronchique, albumineuse et très



Courbe 1 Courbe 2

riche en bactéries variées : 1° sans filtration, un singe bonnet chinois sous les conjonctives des deux paupières inférieures et par instillation nasale; 2° après filtration, deux personnes de bonne volonté : A, sous la peau, B, dans les veines.

Pour réaliser la filtration, la sécrétion bronchique est additionnée de dix fois son volume d'eau physiologique, agitée 5 minutes dans un flacon à billes, afin d'homogénéiser, et centrifugée à faible vitesse pendant une minute et demie. La partie supérieure du liquide est ensuite décantée, puis filtrée sur *bougie Chamberland* L 2 et sous une pression de 30^{cm} à 40^{cm} de mercure.

Le singe bonnet chinois (virus entier) tombe malade le sixième jour;

il ne mange pas, paraît fatigué ; sa température s'élève au-dessus de 40° et s'y maintient 3 jours (*courbe* 1); les jours suivants, amaigrissement et dépression.

A (virus filtré sous-cutané) tombe malade le même jour que le singe; mal de tête, courbature générale, injection conjonctivale. Les températures matinales ont été : le 8 septembre 39°, le 9 et le 10 septembre 38° et 38°,5; les températures vespérales n'ont pas été prises. Évolution classique de la grippe; le 12, rétablissement complet.

B (virus filtré dans les veines) reste indemne.

L'imperméabilité de la bougie aux bactéries a été contrôlée par la culture négative du filtrat.

Avec le sang du bonnet chinois, recueilli le premier jour de la fièvre, on inocule sous la peau (3^{cm^3}) une personne (C) sans résultat.

Expérience II. — Le sujet 2 est atteint de grippe caractérisée. Le deuxième jour (3 septembre), 3^{cm^3} de son sang sont, après défibrination, inoculés dans les veines d'une personne (D) sans résultat.

Expérience III. — Avec l'expectoration bronchique du sujet 3 (épidémie familiale), au troisième jour de sa maladie, on répète le 15 septembre l'expérience I.

Un singe (*Macaccus cynomolgus*), ayant reçu le virus entier sous les conjonctives et sur la muqueuse nasale, présente le 19 septembre (cinquième jour) une élévation thermique au-dessus de 40°; la fièvre dure 3 jours et atteint 41°,4 (*courbe* 2), elle redevient ensuite normale. Symptômes généraux peu marqués.

Une personne (E), ayant reçu le virus filtré sous la peau, tombe malade le 20 septembre (sixième jour). Nous ne la revoyons que le 23; les symptômes sont ceux d'une grippe légère; la température matinale est de 37°,5; le lendemain de 37°,3. La convalescence a demandé une huitaine de jours.

Expérience IV. — Avec l'expectoration du sujet 4, en période aiguë, on répète l'expérience de filtration.

L'inoculation du filtrat, dans les veines d'une dernière personne (F), n'a provoqué aucun symptôme.

Remarque. — On ne saurait considérer A et E comme ayant contracté la grippe par contamination épidémique. Ils habitaient un logement particulier : A avec un compagnon, E avec trois; aucun de ceux-ci n'était encore atteint à la fin de leur fièvre. En outre, A et E, inoculés de même façon (filtrat sous-cutané), ont été les seules personnes infectées dans nos expériences (B, C, D et F inoculés autrement sont

demeurés indemnes); enfin, les singes inoculés en même temps que A et E sont tombés malades le même jour qu'eux.

CONCLUSIONS. — 1° *L'expectoration bronchique des grippés*, recueillie dans la période aiguë, *est virulente.*

2° *Le singe* (bonnet chinois, *M. cynomolgus*) *est sensible à l'inoculation du virus par voie sous-conjonctivale et nasale.*

3° *L'agent de la grippe est un organisme filtrant.* — L'inoculation du filtrat a en effet reproduit la maladie chez les deux personnes injectées par voie sous-cutanée; la voie sanguine paraît au contraire inefficace (deux échecs sur deux essais).

4° Il est possible que le virus grippal ne se rencontre pas dans le sang chez le malade. Le sang d'un singe grippé, inoculé par voie sous-cutanée, n'a pas infecté l'homme; le résultat négatif de l'inoculation du sang du sujet 2 à D n'est, par contre, pas probant, la voie sanguine paraissant inefficace pour la transmission du virus grippal.

CHIRURGIE. — *Utilisation de greffes mortes pour la réparation chirurgicale des tissus de nature conjonctive.* Note de MM. **J. NAGEOTTE** et **L. SENCERT**, présentée par M. Quénu.

Guidés par des vues théoriques nouvelles sur la signification et la genèse du tissu conjonctif [1], connaissant la possibilité de voir se revivifier des fragments d'organes greffés morts dans un organisme vivant, nous avons institué des expériences destinées à établir dans quelle mesure la chirurgie peut tirer parti de la greffe des tissus morts.

Nous savions qu'un fragment de tissu conjonctif greffé mort, pourvu qu'il soit perméable, c'est-à-dire pourvu que sa structure permette l'immigration des cellules conjonctives de l'hôte, reprend entièrement sa vitalité au bout de peu de temps. Sa forme est conservée si aucun facteur n'intervient pour la modifier; dans le cas contraire, elle s'adapte aux circonstances nouvelles. Sa trame conjonctive persiste; après que l'enlèvement des protoplasmas morts a été effectué par les cellules migratrices, les fibroblastes de l'hôte viennent s'installer dans l'édifice conjonctif persistant; la circulation se rétablit et bientôt il est absolument impossible de reconnaître par l'examen histologique que le greffon a été introduit mort dans l'organisme de l'hôte.

---

[1] Cf. NAGEOTTE, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1916 et 1917, *passim.*

Si l'on utilise des greffons fixés dans l'alcool ou le formol, on constate que ces greffons ne déterminent aucune réaction autour d'eux lorsqu'ils sont aseptiquement greffés. Ils se réunissent aux tissus de l'hôte par soudure directe et sans formation intermédiaire d'un tissu nouveau. Les extrémités sectionnées des fibres conjonctives du greffon se soudent, par un phénomène purement physique, aux extrémités sectionnées des fibres similaires de l'hôte. Le repeuplement du tissu commence au bout de très peu de temps; il est effectué par des fibroblastes qui, dans toutes les préparations, se montrent à l'état de fibroblastes adultes; ces éléments rampent entre les faisceaux conjonctifs en commençant par la périphérie du greffon et en gagnant progressivement son centre. Ajoutons que les greffes conjonctives mortes n'ont aucune spécificité, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas soumises, comme les greffes vivantes, à la nécessité supérieure de provenir d'animaux de même espèce. Les greffes conjonctives mortes hétérogènes reprennent comme les greffes homogènes. Ceci, est-il besoin de le dire, a un intérêt pratique considérable.

La connaissance de ces faits nous a amenés à rechercher si des greffons assez grands pour réparer des pertes de substances étendues d'organes formés de tissus conjonctifs tels que les tendons, se comportaient comme les minuscules fragments qui avaient servi à établir la réalité du processus. Nos tentatives ont été couronnées de succès. Elles ont porté sur les tendons, puis sur les gros troncs artériels. Dans la présente Note, nous nous bornons à relater ce qui a trait au tendon.

Ayant prélevé sur le tendon extenseur commun des doigts d'un chien un segment de $2^{cm},5$ de tendon, nous l'avons immédiatement remplacé par un morceau de tendon de chien conservé depuis un mois dans l'alcool. Ayant sacrifié ce chien trois mois après l'opération, nous avons constaté que le greffon mort ne se distingue plus en quoi que ce soit du tendon vivant dans la continuité duquel nous l'avions placé. L'examen histologique du tendon et du greffon montre que la réunion du greffon au tendon est parfaite, que la continuité de structure est établie entre eux sans qu'il reste la moindre ligne de démarcation, sans qu'il y ait la moindre trace de tissu cicatriciel, si bien qu'il est absolument impossible, à n'importe quel grossissement, de reconnaître où cesse le tendon et où commence le greffon. A part la présence des points de suture supérieurs et inférieurs, qui sont la trace irrécusable de l'opération, le tendon opéré ne diffère en rien d'un tendon normal, sauf par les signes d'une légère irritation portant sur le tendon et sur le greffon, état irritatif transitoire et que nous n'aurions sans doute plus trouvé au bout d'un temps plus long.

Ayant réalisé la même expérience sur d'autres chiens, mais ayant sacrifié ces chiens à des périodes de plus en plus rapprochées du moment de l'opération, nous avons pu suivre toutes les phases du phénomène. Nous avons pu voir que la trame conjonctive du greffon s'est bien directement soudée à la trame conjonctive du tendon et que le repeuplement de cette trame par les fibroblastes s'est progressivement effectué des parties périphériques vers les parties centrales du greffon.

Tous ces faits nouveaux s'expliquent aisément à la lumière des idées théoriques qui ont dirigé nos expériences. L'absence de cicatrice, si frappante ici, s'explique à son tour aisément. Quand on a greffé un fragment de tendon dans le tissu cellulaire de l'oreille d'un lapin, la surface de section persiste sans grande modification; l'extrémité de chacun des gros faisceaux conjonctifs reste coupée net et ne donne insertion qu'aux très minces fibres du tissu conjonctif ambiant, qui n'ont aucune raison d'être épaissies au point où elles viennent prendre le contact. Ici, au contraire, le greffon tendineux étant placé sur le trajet d'un tendon, la soudure s'effectue entre faisceaux conjonctifs de même volume. C'est pourquoi la soudure de la greffe fonctionnelle de tendon est invisible.

Les résultats expérimentaux nous semblent avoir un intérêt pratique considérable et immédiat. Même en nous limitant pour aujourd'hui à la question de la réparation chirurgicale des pertes de substance des tendons, nous pouvons dire que la greffe morte des tendons apparaît comme une précieuse ressource. Les allongements, les dédoublements, les anastomoses sont des procédés trop souvent insuffisants. La greffe vivante, fraîche ou conservée par la méthode du cold-storage, semblerait, pour les cas graves, la seule ressource. Des expériences sont en cours pour étudier comparativement les processus biologiques de la greffe vivante, fraîche ou soumise au cold-storage, et de la greffe morte. Mais dès aujourd'hui, nous pouvons dire, en nous plaçant à un point de vue exclusivement pratique, que, tandis que la méthode du cold-storage est restée, depuis son origine, sans grande application pratique, notre méthode des greffes mortes, basée sur des données théoriques très différentes de celles qui ont dirigé les chercheurs vers la greffe vivante, fraîche ou conservée, ouvre à la chirurgie réparatrice des horizons étendus et lui permet les plus grands espoirs.

La séance est levée à 16 heures et demie.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 OCTOBRE 1918.

PRÉSIDENCE DE M. P. PAINLEVÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le Secrétaire perpétuel donne lecture de la lettre suivante :

Monsieur le Président et chers Collègues,

Les plus hautes autorités morales auxquelles des hommes de science française puissent s'adresser sont les Académies.

C'est pourquoi nous avons résolu de soumettre à votre appréciation quelques-uns des actes de l'Autorité militaire allemande dont nous avons été pendant quatre longues années, en territoire occupé, les témoins et les victimes.

Il nous paraît que ces actes, actuellement ignorés ou mal connus, contraires non seulement au droit des gens, mais aux plus élémentaires sentiments d'humanité, doivent être publiquement flétris par les Sociétés savantes de toutes les nations civilisées.

Nous ne voulons formuler aucune plainte contre les faits qui peuvent trouver une apparente justification, ou même une excuse pour nos ennemis, dans l'âpreté des combats ou dans les nécessités de l'attaque, comme dans celles de la défense.

C'est au tribunal de l'histoire qu'il appartiendra d'apprécier l'utilité militaire de la destruction méthodique de toutes nos usines et de leur matériel, de l'enlèvement de nos machines, du pillage de nos propriétés privées, de la réquisition forcée de nos meubles, de nos matelas, de nos vêtements, de nos objets d'art, de nos ustensiles de ménage, de l'emprisonnement ou de la déportation d'une multitude de nos concitoyens pour simple refus de travailler pour l'armée allemande.

Mais il ne nous apparaît pas qu'on puisse excuser ou justifier des tortures cruellement et froidement infligées à toute une population sans défense, et nous estimons que ceux qui les ont ordonnées doivent en être rendus moralement et civilement responsables.

Parmi ces tortures, dont la simple énumération remplirait un volume, nous voulons surtout retenir ici quelques-unes de celles qui ont le plus violemment soulevé l'indignation publique et la nôtre.

La plus odieuse a été, pendant toute la semaine de Pâques 1916, l'enlèvement en masse d'environ 10000 jeunes filles et jeunes femmes par le 64e régiment d'infanterie poméranien.

Successivement ou simultanément, tous les quartiers, toutes les rues de la ville de Lille furent barrés dès 2^h du matin par des soldats en armes, avec mitrailleuses dans les carrefours. Dans chaque maison, un jeune officier ou sous-officier, accompagné de quelques hommes, pénétrait, examinait tous les habitants, qu'il faisait réunir dans une des chambres ou dans un vestibule, et désignait ceux qui devaient partir. Les victimes avaient une heure pour préparer un paquet de vêtements. Un soldat, baïonnette au canon, venait alors les prendre. Il les conduisait à un lieu de rassemblement et, de là, à la gare. Elles furent ensuite réparties par groupes dans quelques localités des départements de l'Aisne, des Ardennes ou de la Meuse et, sous la garde constante des soldats en armes, traitées comme du bétail; soumises, sans aucun ménagement, à d'impudiques et ignominieuses visites sanitaires; contraintes à des travaux agricoles, profitant surtout à l'armée allemande qui s'appropriait la presque totalité des récoltes. Ni les prières des familles, ni les supplications et les larmes des mères, ni les réclamations adressées par la suite à l'autorité allemande, ne purent empêcher ou atténuer l'exécution des ordres donnés par le quartier-maître général Zöllner. Ce général, dont le nom doit être voué à l'exécration des peuples, fut l'inspirateur ou l'ordonnateur de presque toutes les persécutions cruelles subies par les malheureux habitants des territoires français occupés. Il fut d'ailleurs très activement secondé dans son œuvre odieuse par un officier spécialement chargé des services de police et d'espionnage à Lille, le capitaine *Himmel* (*alias* libraire à Berlin) qui, pendant les quatre années de son séjour au milieu de nous, ne semble pas avoir poursuivi d'autre tâche que celle qui consistait à nous infliger les plus douloureuses tortures et les plus révoltantes humiliations.

C'est ainsi que, sans le moindre égard pour nos personnes, ni pour nos institutions scientifiques, ni pour nos familles, nous avons été, à plusieurs reprises, l'objet de perquisitions domiciliaires aussi complètes et outra-

geantes qu'on peut les imaginer. Au cours de l'une de ces perquisitions, l'un de nous fut immobilisé pendant 2 heures dans un coin de vestibule, gardé par un factionnaire en armes qui avait ordre de ne lui laisser faire aucun mouvement. Nos appareils scientifiques, nos machines, nos instruments ne furent même pas respectés, et nos collègues de la Faculté de Médecine ont été brutalement expulsés en quelques heures de leurs laboratoires, avec leurs collections, pour faire place à des bureaux.

Un autre d'entre nous, sous le prétexte qu'il n'avait pas spontanément livré à la police militaire quelques appareils appartenant au service des Manufactures de l'État français, appareils dont l'intendance allemande lui avait d'ailleurs antérieurement laissé la garde, a dû subir pendant une semaine entière des violences analogues et, après avoir été dépouillé de ses objets personnels les plus précieux, s'est vu frapper d'une amende de 1000 marks ou de 180 jours d'emprisonnement !

Et que dire des abominables traitements infligés sous nos yeux à tant de malheureux simplement suspects de ne pas avoir obéi avec assez d'empressement aux ordres de l'autorité allemande ? Que dire surtout de l'atroce cruauté avec laquelle presque tous nos enfants de 14 à 18 ans ont été arrachés à leurs familles et éloignés des écoles pour aller, en même temps qu'un grand nombre de vieillards de 60 à 65 ans, former, sur la ligne de feu, des bataillons de travailleurs ? Roués de coups, affamés quand ils se refusaient à obéir, on les obligeait à creuser des abris souterrains, à faire des routes, à transporter des munitions. Le nombre est immense de ces pauvres enfants et de ces pauvres vieux, que nous n'avons plus revus, ou dont la santé est irrémédiablement compromise !

Enfin, sous prétexte de représailles à exercer contre le Gouvernement français parce que 72 fonctionnaires allemands d'Alsace-Lorraine étaient soi-disant indûment retenus en France, nous eûmes la douleur de voir emmener en captivité comme otages 1000 de nos concitoyens, dont 600 hommes et 400 femmes, choisis parmi les personnalités les plus marquantes ou les plus utiles de la région du Nord occupée : grands industriels, prêtres, doyens ou professeurs de nos Facultés, femmes de plusieurs d'entre nous, sans considération pour leur âge ni pour leur état de santé.

Les 6 et 12 janvier 1918, par un froid rigoureux de plein hiver, les hommes furent transportés en Pologne, les dames au camp d'internement d'Holminden, dans le Brunswick.

Après un voyage extrêmement pénible qui dura 8 jours et 8 nuits en chemin de fer, nos malheureux concitoyens, épuisés de fatigue, furent répartis dans deux localités voisines de Vilna et soumis d'abord pendant

40 jours à un régime dit de « représailles ». Ils eurent à supporter les plus atroces souffrances. Entassés dans une sorte de grange, couchant tout habillés sur des paillasses de fibre de bois superposées en trois étages, si étroites et si rapprochées qu'il leur était impossible de se retourner ou de s'asseoir, astreints pendant le jour aux travaux les plus pénibles et les plus dégradants, dévorés de vermine, privés d'eau potable, n'ayant pour toute nourriture qu'une soupe de choux-raves ou d'orge, privés de tout envoi de France et de toute correspondance avec leur famille, sans médecin, sans médicaments, ils n'avaient aucune possibilité de se plaindre, car l'officier qui les surveillait avait une âme de bourreau. 25 d'entre eux moururent dès les premières semaines, entre autres le professeur Buisine, directeur de l'Institut de Chimie de la Faculté des Sciences de Lille. Cet infortuné collègue, âgé de 62 ans, souffrait depuis longtemps d'intermittences cardiaques et d'un rétrécissement de l'œsophage, sa femme crut devoir attirer sur son état l'attention du médecin-major allemand qui examinait les partants. Ce médecin-major (Dr Krug) répondit : « Madame, ça n'est pas contagieux pour l'armée allemande ! »

Nos malheureuses compagnes, transportées à Holminden, n'eurent pas beaucoup moins à souffrir de l'atroce cruauté allemande. Elles durent faire d'abord, en pleine nuit, dans la neige, à pied, le trajet de 3^{km} qui sépare la gare du camp d'internement. Ensuite on les enferma pendant deux jours, sans feu, sans couvertures, dans une baraque commune où elles durent coucher tout habillées sur des paillasses de fibres de bois. On leur fit subir une fouille complète après les avoir déshabillées et on les répartit finalement par groupes dans des chambrées étroites garnies de lits de camp superposés en étagères, sans autres meubles que des petits bancs de bois. Elles durent vivre ainsi dans les conditions hygiéniques, matérielles et morales les plus pénibles, pendant plus de 6 mois, astreintes, comme des condamnées de droit commun, à des appels quotidiens et à des revues de détail, privées de toute possibilité de correspondre avec leurs maris ou leurs enfants restés en France occupée.

Peut-on concevoir qu'en notre siècle les dirigeants d'un peuple prétendûment civilisé accomplissent des actes aussi honteux, aussi férocement cruels, sans la moindre appréhension du jugement des autres peuples.

Comment nous serait-il possible d'oublier ou de pardonner toutes ces horreurs?

Ceux qui, dans la France restée libre, n'en ont pas souffert, ne peuvent pas comprendre les raisons profondes de notre ressentiment. Certains admettraient volontiers que le peuple allemand n'est pas responsable de

l'infamie des chefs de son armée. Nous voudrions que cela fût vrai. Mais quand on a vu, comme nous, l'empressement, le zèle même avec lesquels de tout jeunes et de vieux soldats de la Landsturm, ou des officiers qui ne sont pas des militaires professionnels, des médecins par exemple, accomplissent les actes les plus odieux sans un mot d'excuse, de regret ou de pitié, on est bien obligé de reconnaître que, d'une manière générale, et sauf de trop rares exceptions, le cœur allemand est inaccessible aux sentiments nobles, généreux ou simplement humains.

Les dirigeants de la politique allemande ont voulu cette guerre, mais le peuple en armes l'a approuvée et l'a résolument poursuivie avec les moyens les plus férocement cruels, sans scrupules de conscience, sans sursauts d'indignation. Ce peuple, qui méritait l'estime du monde pour son activité laborieuse autant que pour l'œuvre de progrès intellectuel et social accomplie par ses savants, ses philosophes, ses musiciens, ses poètes, ne peut plus inspirer que des sentiments de dégoût et d'effroi pour les crimes dont il s'est rendu coupable.

Aussi sommes-nous résolus, pour notre part, à ne collaborer désormais à aucune publication allemande, à ne participer à aucune réunion scientifique, à aucun congrès international, aux côtés de collègues allemands qui n'auraient point préalablement marqué, par une manifestation publique, leur désapprobation des actes antisociaux accomplis à l'occasion ou au cours de cette guerre par leur gouvernement.

Nous demandons à nos collègues des cinq Académies de l'Institut de France, de l'Académie de Médecine et de l'Académie d'Agriculture, de vouloir bien se solidariser avec nous, individuellement ou collectivement, dans l'expression de cette volonté. Nous les prions d'inviter les sociétés savantes de toutes les nations civilisées du monde à accueillir notre protestation et à l'enregistrer dans leurs actes.

Les Membres et Correspondants de l'Institut, de l'Académie de Médecine et de l'Académie d'Agriculture retenus à Lille pendant l'occupation allemande :

H. PARENTY,
Correspondant de l'Institut,
Académie des Sciences.

LAGUESSE,
Correspondant de l'Académie
de Médecine.

Dr DURET,
Membre associé de l'Académie
de Médecine.

AIMÉ WITZ,
Correspondant
de
l'Institut.
Académie des Sciences.

Dr A. CALMETTE,
Correspondant
de l'Académie des Sciences.
Membre associé
de l'Académie de Médecine.

M. le **Président** déclare qu'il est certain d'être l'interprète de l'Académie tout entière en exprimant son indignation au sujet des actes abominables que signalent nos Collègues de Lille. Il leur envoie l'expression de l'affectueuse sympathie de l'Académie qui partage leur ressentiment et les félicite du courage stoïque avec lequel ils ont supporté les épreuves de ces mauvais jours.

En lisant le *Compte rendu* de la précédente séance, ils verront que l'Académie n'a pas attendu leur appel pour rejeter toute pensée de collaboration scientifique ultérieure avec nos ennemis.

THÉRAPEUTIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Des injections de plasma sanguin (plasmothérapie) pour remplacer le sang total.* Note de MM. **Charles Richet**, **P. Brodin** et **Fr. Saint-Girons**.

I. Il a été prouvé par nous (¹) que les chiens ayant perdu plus de 70 p. 100 de leurs hématies, c'est-à-dire à peu près 54^g de sang par kilogramme de poids vif, ne survivent que s'il leur est fait une transfusion de sang ou de plasma.

Dans la présente Note, nous cherchons à prouver que la réparation définitive de l'organisme, après injection de sang total, est due au plasma plutôt qu'aux globules. L'expérience nous a montré que *les globules ne jouent, dans la réparation, qu'un rôle secondaire, de sorte que l'efficacité de la transfusion semble due surtout au plasma.*

Deux séries d'expériences le prouvent.

II. L'expérience la plus simple consiste à enlever à un chien une quantité maximale S de sang total, et de lui réinjecter non pas S, mais le plasma P contenu dans S, autrement dit S-H, en appelant H les hématies. Bien entendu, il faut que, par l'hémorragie, l'animal ait été d'abord mis en un état de détresse physiologique intense et de mort imminente.

Le Tableau suivant résume nos sept expériences entreprises à cet effet :

(¹) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 574.

Expériences.		Perte en hématies pour 100.	Quantité de plasma injectée pour 100 du sang perdu.		
1.....	S.	60	43	Survie.	Sérum.
2.....	L.	62	22	Mort.	Plasma.
3.....	Pu.	75	37	Survie.	Plasma.
4.....	Ma.	87	60	Survie.	Plasma.
5.....	Me.	89	36	Survie.	Plasma.
6.....	I.	90	33	Survie.	Plasma.
7.....	V.	92	34	Survie.	Sérum.

Ainsi le seul animal qui ait succombé (le troisième jour) est celui qui a reçu une quantité de plasma sans doute trop faible (22 pour 100 du sang perdu).

Six animaux ont survécu avec une quantité de globules voisine du nombre des globules constaté au moment de la mort par hémorragie.

Donc les chiens qui meurent d'hémorragie ne meurent pas par défaut de globules, puisqu'ils peuvent revenir à la vie quand on leur injecte du plasma, c'est-à-dire du liquide sanguin dépourvu de tous ses globules [1].

III. La seconde série d'expériences, plus nombreuses, porte sur l'injection de plasma d'une autre espèce animale, et, dans le cas actuel, de plasma de cheval.

Grâce à l'obligeance de M. Nicolas et du Service sérothérapique de l'Institut Pasteur, nous avons pu opérer de la manière suivante :

Le sang veineux d'un cheval est recueilli aseptiquement dans un flacon stérilisé contenant une quantité convenable de citrate de soude (3 pour 1000).

---

[1] On pourrait d'abord supposer, pour cette appréciation de la perte pour 100 en hématies, qu'il est permis de ne tenir compte que des maxima. Mais ce ne serait pas légitime. En effet, par suite des différences individuelles existant dans le nombre des globules de sang par kilogramme de poids vif, l'évaluation est incertaine (12 pour 100 d'écart moyen). Cette incertitude disparaît si l'on prend la moyenne, et à mesure que cette moyenne porte sur un plus grand nombre d'expériences.

D'ailleurs, pour chacune de nos expériences, l'animal avait été mis en une telle détresse que la mort était imminente. Pour plusieurs d'entre eux, il a fallu faire la respiration artificielle.

La coagulation ne se produit pas; les hématies, après une heure ou deux de repos, s'amassent au fond du vase, et le plasma est décanté, tout prêt à être injecté.

Nous avons ainsi recueilli et employé pour nos expériences le sang de 10 chevaux différents, les uns normaux, les autres immunisés contre le tétanos, la dysenterie, le méningocoque ou le streptocoque.

Voici le Tableau résumant nos expériences :

	Perte pour 100 en hématies.	Quantité de plasma injectée pour une perte de 100 de sang.	
1. C. (1)	53	42	Survie.
2. Ch	53	55	Id.
3. C	66	41	Id.
4. D	67	74	Id.
5. M	72	41	Id.
6. B	73	45	Id.
7. P	74	85	Id.
8. Co	77	41	Id.
9. S	77	100	Id.
10. R	77	100	Mort après 48 heures.
11. Me	79	39	Survie.
12. Mi	80	51	Mort à la 70e heure.
13. Ca	80	60	Survie.
14. R	81	34	Id.
15. Th	85	41	Id.
16. Thl	88	50	Id.
17. Py	88	53	Id.

Nous ne mettons ici que les expériences faites avec le plasma; car les injections de sérum (liquide surnageant le caillot, après coagulation spontanée du sang) nous ont donné des résultats tout différents de l'injection de plasma. Le sérum, au moins quand il est injecté en quantité notable à une espèce animale différente, a une toxicité dont le plasma semble dépourvu.

(1) C. est le seul chien sur lequel nous n'avions pas poussé l'hémorragie à ses dernières limites.

La moyenne de la quantité de globules perdus chez ces 16 chiens (car il faut éliminer C.) est de 76 pour 100 (1).

Or tous ces animaux ont survécu, à l'exception de Mi., très vieille chienne, qui n'est morte qu'à la 70e heure, et de R., qui a reçu une dose très forte de plasma et a eu un abcès du cou.

En réunissant ces 17 expériences aux 5 précédentes, on voit que sur 22 chiens ayant reçu du plasma, alors qu'ils étaient en imminence de mort, 19 ont survécu, 3 seulement sont morts, et encore peut-on s'expliquer leur mort.

Les animaux ainsi transfusés, dès que la transfusion est terminée, ont repris des forces : ils peuvent aller et venir dans le laboratoire; parfois ils veulent bien manger le jour même. Pendant les deux, trois, quatre ou cinq jours qui suivent, ils restent languissants, avec des mouvements lents, recherchant l'obscurité, ne consentant à se lever et à marcher que quand on les stimule. Mais au bout d'une semaine environ (quelquefois un peu plus), ils reviennent à leurs allures normales.

IV. Il est donc bien prouvé par ces expériences, qui sont très cohérentes :

1° Que le plasma de cheval est, même à forte dose, inoffensif (le chien S., par exemple, a reçu 55g de plasma par kilogramme);

2° Que le sérum exerce une action offensive que n'exerce pas le plasma;

3° Que le plasma de cheval est efficace pour combattre les effets de l'hémorragie.

V. Les conséquences, soit pratiques, soit théoriques, qu'on en peut déduire sont importantes :

A. Au point de vue théorique, c'est tout d'abord que les globules, sans que nous osions dire qu'ils sont inutiles, ne sont certainement pas indispensables pour la réparation des hémorragies.

Donc ce n'est pas par un défaut d'oxydation, par anoxhémie, que meurent les blessés qui ont perdu beaucoup de sang. On pouvait d'ailleurs le supposer en constatant les différences énormes des processus mortels

(1) Il est intéressant de remarquer, ne fût-ce que pour établir la valeur de nos moyennes, que c'est précisément au niveau d'une perte moyenne de 76 pour 100 que meurent les animaux hémorragiés. Sur 12 chiens non injectés, la mort est survenue lorsque la quantité de sang globulaire perdue en moyenne était 75.

entre les animaux qui meurent d'asphyxie lente et ceux qui meurent par hémorragie.

Alors quelle est la cause de la mort?

L'hémorragie entraîne un abaissement énorme de la pression sanguine, de sorte qu'aussitôt il se fait une spoliation rapide de tous les tissus qui déversent énergiquement leur liquide protoplasmique dans le sang, pour suppléer au défaut de masse sanguine. Il est probable que cette spoliation est due à la différence de pression. En tout cas, il faut admettre une dénutrition soudaine, un catabolisme aigu, qui est arrêté dès que le plasma rétablit la masse sanguine et maintient le milieu intérieur en isotonie avec les protoplasmes cellulaires.

Il suffit pour que les phénomènes d'anabolisme (reconstitution cellulaire) se produisent dans les cellules nerveuses, les seules qui importent, que la spoliation intense de leur protoplasma cellulaire, catabolisme déterminé par l'hémorragie, soit suspendue.

Même quand il ne reste plus que 20 pour 100 des globules, les phénomènes d'oxydation dus aux hématies qui n'ont pas été soustraites, sont suffisants pour maintenir la vie.

Il est permis d'espérer que cette *plasmothérapie*, différente et de la *sérothérapie* où il n'y a pas de fibrine, et de l'*hémothérapie* où il y a des globules, pourra jouer, dans le traitement de certaines infections, un rôle important; car jusqu'à présent on n'a guère fait en thérapeutique que des injections de sérum et non de plasma. Or le plasma contient probablement, outre la fibrine, des substances qui n'existent pas dans le sérum, substances peut-être très utiles, qui sont entraînées par la précipitation de la fibrine [1].

B. Au point de vue pratique, il y a lieu de rechercher si l'injection de plasma de cheval, beaucoup plus facile que l'injection de sang humain, ne serait pas appelée à remplacer, dans les hémorragies, la transfusion de sang total, ou même, dans les infections, la sérothérapie ordinaire.

D'ailleurs c'est la clinique qui devra prononcer en dernier ressort pour les applications pratiques, car il y a toujours danger, en matière d'hématothérapie surtout, à conclure de l'animal à l'homme.

---

[1] Sans insister, je rappellerai que dans mes recherches d'hématothérapie, datant de 1887, et précédant la sérothérapie, j'avais démontré, le premier, l'efficacité de la *transfusion du sang total pour le traitement des infections.* (Ch. R.)

Au sujet d'une nouvelle publication de la Mission de l'Équateur (*Atlas des environs des stations, avec un Appendice de toponymie équatorienne*, t. II, fasc. 1), M. le général **Bourgeois** fait la Communication suivante (1) :

Un certain nombre de publications de la Mission du Service géographique pour la mesure d'un arc de méridien équatorial en Amérique du Sud, partie astronomique et géodésique, ont déjà été présentées à l'Académie par le général Bassot (2).

Les travaux de publication ont été interrompus par les hostilités. Néanmoins, un fascicule publié peu avant la guerre et sur lequel l'attention de l'Académie n'a pas encore été appelée, l'Atlas des environs des stations, vient d'être complété par un appendice de toponymie équatorienne récemment paru.

Ces deux Volumes ont pour auteur M. le capitaine, aujourd'hui lieutenant-colonel Perrier, à qui nous devons déjà les fascicules précédemment parus.

Pendant les séjours, souvent fort longs, qu'ont dû s'imposer les officiers observateurs aux diverses stations de la triangulation du nouvel arc de méridien, chacun s'est efforcé d'exécuter lui-même ou de faire exécuter par un de ses adjoints, un levé aussi complet que possible des environs de la station. Ces levés avaient un double objet : d'abord permettre, dans l'avenir, de retrouver, si cela était nécessaire pour d'autres travaux, l'emplacement, même approché, de la station. Ensuite, servir au calcul des déviations de la verticale dues aux masses voisines de cette station ou tout au moins permettre de se faire une idée de leurs valeurs.

Les multiples difficultés qu'ont rencontrées les travaux (inclémence des conditions atmosphériques, destruction de signaux par les indigènes, etc.), la fatigue du personnel, la nécessité de tout sacrifier aux opérations astronomiques et géodésiques primordiales, sont autant de raisons pour lesquelles bon nombre de ces levés à grande échelle font défaut, en 37 points sur 74 du réseau de premier ordre. Mais, d'une part, 25 de ces points sont compris soit dans des levés plus étendus à échelle moindre, soit dans des régions

(1) Séance du 21 octobre 1918.

(2) *Sur la Mission géodésique de l'Équateur* (*Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 353); *Sur la compensation de la nouvelle méridienne de Quito* (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1125).

dont la reconnaissance a été très détaillée, ou dans des zones déjà très étudiées, 10 sont à de basses altitudes et en région de plaine. Il en reste donc seulement 2 pour lesquelles il y a lieu de regretter la lacune.

Les levés sont de précision inégale en raison des circonstances très diverses dans lesquelles ils ont été exécutés. Ils comprennent des levés à vue, des levés de reconnaissance et des levés expédiés dus à huit opérateurs différents, officiers ou sous-officiers (1).

Leur publication a nécessité un travail préalable considérable : revision des minutes, réduction de chacune à l'échelle de publication la plus appropriée, uniformisation des signes conventionnels et écritures, fixation de l'orthographe des noms propres espagnols ou indiens, etc.

Ce travail a été exécuté par le capitaine Perrier. Le dessin définitif des levés était fait, au fur et à mesure, sous sa direction, au Service géographique de l'Armée, puis la Section de Cartographie de ce Service exécutait l'héliogravure et le tirage des planches.

L'Atlas de 42 planches présenté aujourd'hui à l'Académie est donc le résultat de levés pénibles exécutés pour la plupart aux hautes altitudes des Cordillères, minutieusement mis au point par la suite.

Dans l'Introduction du Volume, il convient de signaler spécialement quelques détails sur les planches *Pichincha* et *Quito*. Le lecteur pourra comparer le levé du Pichincha par Humboldt à celui du capitaine Maurain. Le plan de Quito fixe exactement, par rapport à l'Observatoire astronomique actuel de cette capitale, la position de points intéressants dans l'Histoire des Sciences : la tour de Merced, origine de la méridienne de Bouguer et La Condamine, les divers points où observèrent Godin, Bouguer, La Condamine, Juan et Ulloa (de 1736 à 1742). D'après les observations et calculs de la Mission du Service géographique, l'altitude de Quito généralement acceptée jusqu'aujourd'hui (Wolf, Plaza Mayor : 2850^m) est trop forte de 46^m.

L'Appendice de toponymie que le lieutenant-colonel Perrier a consacré à l'étude des 391 noms géographiques de l'Atlas constitue le premier travail original de ce genre concernant les régions équatoriennes. Les quelques résultats présentés font souhaiter qu'il puisse s'étendre un jour à tous les noms géographiques renfermés dans les nombreux dossiers topographiques de la Mission.

(1) Les capitaines Maurain, Lacombe, Peyronel, Lallemand, Perrier, l'adjudant Lallemand, le sergent Lecomte, le caporal Aubry.

Parmi les noms géographiques de l'Équateur, les uns, remontant à une antiquité reculée, proviennent de langues indigènes autres que le quichua, la plupart aujourd'hui éteintes, et présentent un intérêt spécial par ce fait que certains sont même les seuls vestiges de ces langues disparues, source précieuse d'information pour la recherche des origines et des antiques migrations des peuples sud-américains. D'autres noms sont d'origine nettement quichua; on en retrouve le sens dans cette langue, encore vivante aujourd'hui. Viennent ensuite les termes géographiques espagnols, d'importation relativement récente, et toute une catégorie de termes de formation mixte.

L'auteur, s'attachant à rechercher l'origine et le sens de ces dénominations si variées, est parvenu à les reconstituer sûrement pour 198 noms. 125 noms sont d'étymologie douteuse. 68, d'origine probablement incasique, ont résisté à toute analyse.

Sur 100 noms géographiques :

Sont d'origine espagnole	31
» quichua	40
» mixte, quichua-espagnole	7
» indigène non quichua, préincasique pour la plupart	22

Il est frappant que malgré la faible durée de l'occupation inca dans la région qui nous occupe [1], presque la moitié des noms géographiques sont d'origine quichua. Ceci confirme à la fois la forte puissance d'expansion et d'assimilation bien connue de la race des conquérants incas et la diffusion de leur langue par les prédicateurs espagnols eux-mêmes après la conquête, fait historique désormais avéré.

Des vocabulaires espagnol-français et quichua-français et une bibliographie complètent heureusement ces recherches toponymiques.

---

[1] Une cinquantaine d'années à peine, depuis la bataille d'Hatuntaqui qui marqua la chute des Shiris et le triomphe des Incas (? 1487), jusqu'à la conquête de Belalcazar : Lieutenant de Pizarre (1534).

ÉLECTIONS.

M. le **Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes** prie l'Académie de désigner un de ses Membres qui fera partie de la *Sous-Commission de Standardisation des Unités de mesures et Tolérances*.

M. **J. Violle** réunit la majorité des suffrages.

CORRESPONDANCE.

M. **H. Parenty** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Mécanique, par le décès de M. *Marcel Deprez*.

M. le **Ministre des Affaires étrangères** communique à l'Académie des renseignements transmis par le consul de France, à Reykiavik, sur une éruption du volcan *Katla*.

M. **H. Pécheux** adresse des remercîments pour la distinction accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Trench fever. Report of Commission medical research Committee american red cross;* prepared for publication by Richard P. Strong.

2° *Traité clinique de neurologie de guerre*, par Paul Sollier, Chartier, Félix Rose, Villandre. Préface de M. Baratte. (Présenté par M. Ch. Richet.)

3° *L'origine des formes de la Terre et des planètes*, par Émile Belot. (Présenté par M. P. Termier.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le rattachement à la théorie des fonctions hyperabéliennes d'une certaine équation aux dérivées partielles du second ordre, avec généralisation à un nombre quelconque de variables.* Note [1] de M. **Georges Giraud**.

L'équation

$$(1)\quad \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)\left(\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}\right)-\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial z}+\frac{\partial^2 u}{\partial y\,\partial t}\right)^2-\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial t}-\frac{\partial^2 u}{\partial y\,\partial z}\right)^2=e^u,$$

avec la condition

$$(2)\qquad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}>0,$$

déjà signalée comme se rapportant à la théorie des fonctions hyperfuchsiennes, se rattache également à celle des fonctions hyperabéliennes de M. Picard [2].

En effet, soit Γ un groupe hyperabélien, portant sur les variables X et Y, et transformant en lui-même le domaine

$$(3)\qquad XX_0<1,\qquad YY_0<1,$$

l'indice zéro distinguant les imaginaires conjuguées. Nous supposons que toutes les fonctions correspondantes s'expriment rationnellement au moyen de trois d'entre elles, ξ, η, ζ, liées par une relation algébrique

$$(4)\qquad \varphi(\xi,\eta,\zeta)=0.$$

Formons la fonction réelle

$$(5)\qquad u=\log\left[64\left|\frac{\partial(X,Y)}{\partial(\xi,\eta)}\right|^2(1-XX_0)^{-2}(1-YY_0)^{-2}\right]$$

et posons

$$\xi=x+iy,\qquad \eta=z+it,$$

x, y, z, t étant réels. *u satisfait aux conditions* (1) *et* (2), *et est uniforme sur*

---

[1] Séance du 21 octobre 1918.

[2] Cf. *Comptes rendus*, t. **166**, 1918, p. 24 et 893.

la surface (4). Si

$$\psi(\xi, \eta) = 0, \qquad \zeta = \omega(\xi, \eta), \tag{6}$$

où ψ est un polynome et ω une fonction rationnelle, est une courbe de (4) correspondant à un point double ou à une multiplicité de points doubles intérieurs à (3) de quelque substitution de Γ, il existe un nombre β, supérieur à -2, tel que

$$u - \beta \log|\psi|$$

reste fini au voisinage de (6), sauf au voisinage de certains points exceptionnels. Si (6) correspond à une multiplicité de points doubles situés sur la frontière de (3) et du type parabolique,

$$u + 2\log|\psi| + 2\log(-\log|\psi|)$$

reste fini au voisinage de (6), sauf au voisinage de certains points exceptionnels. Enfin, si (6) correspond à un point double parabolique situé sur

$$XX_0 = 1, \qquad YY_0 = 1,$$

la fonction

$$u + 2\log|\psi| + 4\log(-\log|\psi|)$$

reste finie au voisinage de (6), exception étant encore faite pour certains points exceptionnels.

2. Ce résultat peut même être considérablement étendu. Considérons les groupes suivants, portant sur n variables, qui tous se prêtent, par les méthodes connues, à la construction de fonctions automorphes : 1° les groupes hyperfuchsiens (étudiés, pour $n > 2$, par M. Fabini); 2° les groupes obtenus en appliquant à une forme quadratique à $n+2$ variables, décomposable en n carrés d'un signe et 2 de l'autre signe, le même traitement qu'à la forme $xy + z^2$ dans la théorie des groupes fuchsiens; 3° les groupes dont les n variables se partagent en systèmes de $n_1, n_2, \ldots, n_p$ variables, les variables de chaque système se transformant, indépendamment des autres, d'une des deux premières manières, et les systèmes comportant un même nombre de variables, auxquelles on applique des transformations de même type, pouvant, en outre, s'échanger entre eux. Ces groupes se prêtent tous à la construction de fonctions u, analogues à (5), et vérifiant l'équation

$$\frac{\partial\left(\dfrac{\partial u}{\partial \xi_1}, \dfrac{\partial u}{\partial \xi_2}, \ldots, \dfrac{\partial u}{\partial \xi_n}\right)}{\partial(\xi_{1,0}, \xi_{2,0}, \ldots, \xi_{n,0})} = k\, e^u,$$

k étant une constante positive arbitraire. En outre, u vérifie des inégalités signifiant que l'hermitien en $x_1, x_2, \ldots, x_n$

$$\sum_{p=1}^{n}\sum_{q=1}^{n}\frac{\partial^2 u}{\partial\xi_p\,\partial\xi_{q,0}}x_p x_{q,0}$$

est défini positif. Pour $n=2$, ce sont les conditions (1) et (2).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'approximation simultanée de plusieurs intégrales définies.* Note de M. A. **Angelesco**, présentée par M. P. Appell.

Le but de cette Note est d'étendre au cas de plusieurs intégrales définies la méthode de Gauss pour l'approximation d'une intégrale définie.

Soit

$$f(x)=a_0+a_1x+a_2x^2+\ldots+a_\nu x^\nu+\ldots$$

une série convergente dans un intervalle A, B; $K(x)$ une fonction intégrable et gardant un signe constant dans l'intervalle a, b qui est à l'intérieur de l'intervalle A, B. Considérons l'intégrale

$$I=\int_a^b K(x)f(x)\,dx=\sum_{\nu=0}^{\nu=\infty}a_\nu\int_a^b K(x)x^\nu\,dx.$$

Prenons pour valeur approchée de cette intégrale, l'intégrale

$$J=\int_a^b K(x)\varphi(x)\,dx=p_1f(x_1)+p_2f(x_2)+\ldots+p_nf(x_n),$$

où $\varphi(x)$ est le polynome de degré $n-1$ qui devient égal à $f(x)$ pour n valeurs $x_1, x_2, \ldots, x_n$ choisies dans l'intervalle A, B. On établit alors facilement, en suivant, par exemple, le mode d'exposition que donne [1] M. Appell pour la méthode de Gauss, que, dans les valeurs des intégrales I et J, les termes en

$$a_0,\quad a_1,\quad \ldots,\quad a_{n-1}$$

[1] *Sur une classe de polynomes à deux variables et sur le calcul approché des intégrales doubles* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 1890).

sont égaux et que si

$$\int_a^b K(x)x^i P(x)\,dx = 0$$

pour $i = 0, 1, \ldots, \nu$, en désignant par $P(x)$ le polynome de degré n ayant $x_1, x_2, \ldots, x_n$ pour racines, alors les termes en

$$a_n, \quad a_{n+1}, \quad \ldots, \quad a_{n+\nu}$$

sont aussi égaux dans les valeurs de I et J.

Ceci établi, soit $\varphi_1(x), \varphi_2(x), \ldots, \varphi_s(x)$, s fonctions conservant des signes constants pour x respectivement dans les intervalles (α_1, β_1), (α_2, β_2), ..., (α_s, β_s), tous ces intervalles n'ayant aucun élément commun et tous compris à l'intérieur de l'intervalle A, B. Considérons alors les s intégrales

$$I_p = \int_{\alpha_p}^{\beta_p} \varphi_p(x) f(x)\,dx = \sum_{\nu=0}^{\nu=\infty} a_\nu \int_{\alpha_p}^{\beta_p} \varphi_p(x)\, x^\nu\,dx \qquad (\mu = 1, 2, \ldots, s).$$

Prenons pour valeur approchée de chacune de ces intégrales, l'intégrale correspondante

$$J_p = \int_{\alpha_p}^{\beta_p} \varphi_p(x)\,\Phi(x)\,dx = q_1 f(x_1) + q_2 f(x_2) + \ldots + q_{sn} f(x_{sn}),$$

où $\Phi(x)$ désigne le polynome de degré $sn - 1$ qui devient égal à $f(x)$ pour sn valeurs $x_1, x_2, \ldots, x_{sn}$ choisies dans l'intervalle A, B. Alors, d'après ce qu'on a vu, si le polynome $P_s(x)$ de degré sn qui a $x_1, x_2, \ldots, x_{sn}$ pour racines, satisfait aux sn conditions

$$(1) \qquad \left\{ \begin{array}{l} \displaystyle\int_{\alpha_1}^{\beta_1} \varphi_1(x)\, x^i\, P_s(x)\,dx = 0, \\ \displaystyle\int_{\alpha_2}^{\beta_2} \varphi_2(x)\, x^i\, P_s(x)\,dx = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \displaystyle\int_{\alpha_s}^{\beta_s} \varphi_s(x)\, x^i\, P_s(x)\,dx = 0 \\ \qquad (i = 0, 1, \ldots, n-1), \end{array} \right.$$

les valeurs des deux intégrales I_p et J_p ont les mêmes termes en a_0,

$a_1, \ldots, a_{sn+n-1}$. Mais les conditions (1) déterminent complètement le polynome $P_s(x)$; nous l'avons montré dans une Note antérieure [1]. Nous voyons donc comment les racines du polynome $P_s(x)$ qui sont toutes réelles et distinctes, n par n dans chaque intervalle (α_1, β_1), (α_2, β_2), ..., (α_s, β_s), interviennent dans la recherche de la même et la meilleure approximation des s intégrales $I_1, I_2, \ldots, I_s$, par une méthode analogue à celle de Gauss.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété des fonctions analytiques d'un nombre quelconque de variables imaginaires.* Note [2] de M. **Riquier**, présentée par M. P. Appell.

Dans une Note parue précédemment sous ce même titre [3], je me suis proposé d'établir une condition suffisante pour la nullité identique d'une fonction de variables imaginaires en nombre quelconque : j'ai pu me convaincre toutefois, depuis la publication de cette Note, que la forme donnée à l'énoncé de la condition ne comporte pas le caractère de généralité que je lui avais attribué; voici comment il convient de la modifier :

Désignant par a, b, ... des entiers algébriques indéterminés, en nombre n, on suppose que les divers systèmes de valeurs particulières dont ces entiers sont susceptibles se trouvent rangés suivant une loi arbitraire, mais sans omission ni répétition, sur la file illimitée

$$(a_1, b_1, \ldots), \quad (a_2, b_2, \ldots), \quad \ldots, \quad (a_k, b_k, \ldots), \quad \ldots,$$

et l'on considère un système de $2n+1$ variantes [4] associées,

$$\begin{cases} u_k, v_k, \ldots, \\ N_k, \\ \upsilon_k, \varphi_k, \ldots, \end{cases}$$

défini comme il suit : les n premières, u_k, v_k, ..., sont, pour toute valeur

(1) *Sur une classe de polynomes à une variable* (*Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 121).

(2) Séance du 21 octobre 1918.

(3) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 598.

(4) Nous nommons *variante* un nombre variable dépendant d'un entier positif indéterminé, ou *indice*, auquel on peut donner des valeurs arbitraires.

de l'indice k, des entiers algébriques rendant distinctes entre elles les valeurs des k expressions

$$\begin{cases} a_1 u_k + b_1 v_k + \ldots, \\ a_2 u_k + b_2 v_k + \ldots, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ a_k u_k + b_k v_k + \ldots. \end{cases}$$

(cette condition peut être réalisée d'une foule de manières); la variante suivante, N_k, est, pour toute valeur de k, un entier positif au moins égal à la plus grande des valeurs absolues de ces mêmes expressions; les n dernières, υ_k, φ_k, ..., sont réelles et complètement arbitraires.

Soient maintenant :

$x, y, \ldots$ des variables indépendantes imaginaires, en nombre n;

t_x, t_y, ... des variables indépendantes réelles, en même nombre;

S_x, S_y, ... des régions continues respectivement situées dans les plans de notation graphique des n variables $x, y, \ldots$, et dont chacune est telle que tout point de la région soit le centre de quelque cercle appartenant tout entier à cette région;

Enfin :

$$x = X(t_x), \qquad y = Y(t_y), \qquad \ldots$$

des contours analytiques réguliers sans nœuds (¹), respectivement situés dans S_x, S_y, ...

Sur le système formé par l'association de ces n contours, on considère le groupe G_k, des $2N_k+1$ points

$$x = X\left(\upsilon_k + \frac{2l\pi u_k}{2N_k+1}\right), \qquad y = Y\left(\varphi_k + \frac{2l\pi v_k}{2N_k+1}\right), \qquad \ldots \qquad (l = 0, 1, 2, \ldots, 2N_k)$$

(¹) La formule $z = Z(t)$, où z désigne une variable *imaginaire*, et $Z(t)$ une fonction (imaginaire) de la variable *réelle* t, est dite définir un *contour analytique régulier sans nœuds*, lorsque la fonction $Z(t)$ satisfait à la triple condition suivante :

1° Elle est analytique et régulière dans toute l'étendue de l'espace (réel) $[[t]]$.

2° La relation numérique $t_1 - t_2 = 2h\pi$, où h désigne un entier arbitraire, entraîne comme conséquence nécessaire $Z(t_1) = Z(t_2)$; en d'autres termes, la fonction $Z(t)$ admet la période 2π. Inversement, la relation numérique $Z(t_1) = Z(t_2)$ entraîne comme conséquence nécessaire $t_1 - t_2 = 2h\pi$, où h désigne quelque entier.

3° La dérivée première $Z'(t)$, de la fonction reste différente de zéro dans toute l'étendue de l'espace (réel) $[[t]]$.

(obtenu en inscrivant dans chacun des n contours certain polygone de $2N_k+1$ sommets, et associant les sommets de même rang des n polygones).

Cela étant, *si une fonction des n variables imaginaires* $x, y, \ldots$ *est analytique et régulière dans la région composée* $(S_x, S_y, \ldots)$, *et si, quelque petite que soit la constante positive* α, *la suite formée par les groupes*

$$G_1,\quad G_2,\quad \ldots,\quad G_k,\quad \ldots \tag{1}$$

en renferme une infinité en tous les points desquels la fonction présente un module moindre que α, *cette dernière est identiquement nulle dans toute l'étendue de la région* $(S_x, S_y, \ldots)$.

Par exemple, la nullité de la fonction en tous les points des groupes de la suite (1) entraîne sa nullité identique.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le premier trimestre de* 1918. Note de M. J. **Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Il y a eu 76 jours d'observations dans ce trimestre et l'on en déduit les principaux faits qui suivent :

Taches. — Le nombre des groupes enregistrés est de 95 avec une surface totale de 7807 millionièmes, au lieu de 106 groupes et 11069 millionièmes précédemment [1].

Cette diminution se répartit inégalement dans les deux hémisphères : elle est, en effet, de 7 groupes au Sud (49 au lieu de 56), et de 4 groupes au Nord (46 au lieu de 50).

Deux beaux groupes, visibles à l'œil nu, ont traversé le méridien central, respectivement, le 20,7 janvier à $-15°$ de latitude, le 17,6 février à $+4°$ de latitude.

La comparaison de la latitude moyenne des taches accuse également une égale augmentation de $0°,6$, de part et d'autre de l'équateur, avec $-15°,9$ au lieu de $-15°,3$ et $+12°,5$ au lieu de $11°,9$.

Régions d'activité. — On a noté 157 groupes de facules au lieu de 155, mais malgré cette faible augmentation, l'aire totale de ces phénomènes est moindre d'environ un septième, avec 193,5 millièmes, au lieu de 224,7 millièmes.

Enfin, dans leur distribution entre chaque hémisphère, on compte trois groupes en moins au sud (75 au lieu de 78), et 5 groupes en plus au nord (82 au lieu de 77).

---

[1] Voir *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 346.

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Janvier 1918. — 0,00.			
28-31	3	1,9	−11		15
27- 8	10	2,3		+10	151
3- 7	5	3,6	−10		29
3- 6	4	4,3	−20		21
3-12	10	7,5		+ 7	514
12	1	7,6	−32		8
4-14	10	10,4		+ 6	68
5-16	10	11,0		+13	170
5-17	11	11,5		+15	169
8-17	8	12,0		+16	65
11-12	2	12,6	−12		4
11-17	5	13,3		+ 4	14
11-17	5	13,3	−16		98
8-14	6	13,7	−19		176
12	1	15,8	−13		2
10-12	3	15,8	−27		13
14-21	7	16,4		+22	218
14	1	18,5	−25		5
19-25	4	19,8		+17	32
20	1	20,5	−22		22
14-25	10	20,6	− 7		61
14-26	11	20,7	−15		945
16-23	7	21,1	−11		27
16-26	10	21,0		+17	99
16-23	4	21,9		+18	30
21-24	3	22,6		+ 2	23
23-29	7	23,0	−17		518
17-23	6	23,3		+ 2	85
23-28	6	23,9		+ 8	32
27	1	25,7	−20		7
29	1	26,0		+14	25
20-29	9	26,1	− 9		95
29	1	26,8	−17		40
1- 2	2	27,2	−19		105
27	1	27,4		+11	4
26-27	2	28,3		+13	6
24- 2	8	28,6	−21		65
23- 2	9	29,2		+10	62
26- 4	8	30,1	−10		14
	24 j.		−16°,8	+11°,4	
		Février. — 0,00.			
3- 5	3	2,2	−14		8
28- 9	11	3,7		+ 8	189
29- 5	6	4,7	−31		45
1- 9	9	7,5		+14	67
7-17	8	12,0		+14	24
15	1	12,7		+27	5
7-18	11	12,7	− 8		71
11-15	4	14,2		+18	10
17-18	2	15,6		+21	37
11-22	10	16,9	−10		33
15	1	17,2		+18	5
11-22	10	17,6		+ 4	581
13-20	7	18,9	−15		79
16	1	20,9		+26	35
17-19	3	21,5	−20		5
22	1	22,0		+14	2
26-28	3	23,8		+14	5
17- 1	11	23,9	−20		104
25-27	3	26,2		+15	21
3	1	26,9	−21		3
22- 3	8	27,2		+ 7	126
22- 1	7	27,9		+10	169
	25 j.		−17°,4	+15°,0	
		Mars. — 0,00.			
7- 8	2	2,7	− 8		137
25- 8	10	3,1		+ 7	85
26- 9	10	4,2	−12		52
6	1	5,1	− 6		8
10-13	2	7,4	−13		11
11-12	2	8,8		+15	1
10-11	2	9,9	−15		4
6-12	7	11,1	− 8		11
12-17	5	11,4		+23	50
11-12	2	11,9	−24		5
8-15	8	12,3	−18		9
11-12	2	12,6	− 5		3
12-18	7	12,7		+ 8	269

TABLEAU I (suite). — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Mars (suite).			
10–18	9	13,8		+18	131
8–19	12	14,5		+18	497
11	1	14,8	−25		2
18–19	2	14,9	−12		40
10–16	7	15,3	−18		20
11–19	9	15,3		+ 8	20
10–18	5	15,5		+17	23
10–16	6	16,0		+ 2	6
14–19	5	16,2		+10	5
14–16	3	16,7		+10	7
22–24	3	18,9	−11		10
16–22	6	19,1		+ 3	36
21	1	24,8		+15	10
19–31	11	25,9	−18		155
22–23	2	26,2	− 3		7
24–29	6	27,6	−22		10
23–31	8	28,0	−14		154
31– 2	2	29,2	−27		16
23– 3	10	29,3	− 4		216
25–28	4	30,3		+ 8	10
31– 6	6	31,6	−22		126
	27 j.		−14°,3	+11°,6	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1918.	Sud. 90°–40°.	40°–30°.	30°–20°.	20°–10°.	10°–0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°–10°.	10°–20°.	20°–30°.	30°–40°.	40°–90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Janvier......	»	1	4	12	4	21	18	8	9	1	»	»	39	4037
Février......	»	1	1	4	2	8	14	4	7	3	»	»	22	1624
Mars........	»	»	5	9	6	20	14	8	5	1	»	»	34	2146
Totaux....	»	2	10	25	12	49	46	20	21	5	»	»	95	7807

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1918.	Sud. 90°–40°.	40°–30°.	30°–20°.	20°–10°.	10°–0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°–10°.	10°–20°.	20°–30°.	30°–40°.	40°–90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Janvier......	»	1	5	11	6	23	23	10	8	5	»	»	46	64,9
Février......	»	1	8	10	2	21	25	6	13	5	1	»	46	59,3
Mars........	»	1	9	16	5	31	34	12	12	7	2	1	65	69,3
Totaux....	»	3	22	37	13	75	82	28	33	17	3	1	157	193,5

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Limite et composition de l'atmosphère terrestre. Aurores boréales, bolides, étoiles filantes.* Note [1] de M. **A. Véronnet**, présentée par M. P. Puiseux.

Pour une masse fluide de densité ρ, de température T, soumise à la pesanteur γ, l'accroissement de la pression s'écrit immédiatement

$$(1)\qquad dp = -\gamma\, dm = -\gamma\rho\, dr = -\frac{\gamma\mu}{RT}\, p\, dr.$$

Le dernier terme montre que l'accroissement *relatif* de la pression est proportionnel au poids moléculaire μ du gaz.

Si l'on a un mélange de plusieurs gaz, la pression totale est égale à la somme des pressions élémentaires de chacun d'eux, par suite proportionnelle à la somme des densités ρ ou des μp. La formule s'applique donc intégralement à chacun des gaz d'un mélange. Si T est constant, on en déduit la loi exponentielle qui donne la pression en fonction de la hauteur.

La pression limite déterminée dans une Note précédente est applicable ainsi à un mélange. Chacun des gaz d'une atmosphère s'élèvera à peu près jusqu'au point où le libre parcours d'une molécule dans le milieu sera égal à la hauteur maximum à laquelle peuvent rebondir les molécules de ce gaz, à la température T, à la vitesse V, sous la pesanteur γ.

Pour les principaux gaz de notre atmosphère : azote, oxygène, argon et hydrogène, on a calculé leur densité relative par rapport à l'air et leur pourcentage à différentes hauteurs, jusqu'à 300^{km}, en admettant une température moyenne de -60° C. ou 213° A., température de la haute atmosphère. On a admis une quantité infinitésimale d'hydrogène, de densité égale à 4.10^{-11} à la surface. A. Gautier en avait décelé des traces. Les exposants de 10 dans la deuxième ligne du Tableau indiquent, dans chaque colonne, le rang de la virgule pour les trois lignes qui suivent : densité totale ρ, azote N, oxygène O.

On remarque une décroissance très rapide de la densité générale ρ, avec celle de l'azote et de l'oxygène, jusqu'à 150^{km}, chute d'un dixième environ par 13^{km}. A partir de 300^{km}, il n'y a plus que de l'hydrogène dont la pression décroît plus lentement et tombe à 48.10^{-14} à 400^{km} et 15.10^{-14} à 500^{km},

[1] Séance du 7 octobre 1918.

où arrivent les dernières molécules. La proportion d'oxygène tombe à 0,1 à 50^{km} et à 0,01 à 150^{km}. Celle d'argon diminue plus vite encore.

Le pourcentage de l'azote croît régulièrement jusqu'à plus de 100^{km}. Entre 100^{km} et 150^{km}, l'azote forme les 0,96 de l'atmosphère à une pression inférieure à 10^{-6} atm, qui est celle des ampoules de Crookes. C'est la région des *aurores boréales*, caractérisées par la raie verte de l'azote (Végard) et qu'on a localisées à 150^{km} de hauteur.

x (km)	0.	10.	30.	50.	70.	100.	150.	200.	300.
Densités.			10^{-3}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-8}	10^{-11}		
ρ	1,000	0,201	8,37	35,82	15,59	14,49	6,87	$4,39.10^{-12}$	$1,44.10^{-12}$
N	0,755	0,160	7,21	32,5	14,64	14,02	6,04	$2,6.10^{-14}$	$4,8.10^{-21}$
O	0,232	0,039	1,14	3,3	0,95	0,47	0,067	$9,5.10^{-17}$	$1,9.10^{-24}$
Ar	0,013	14.10^{-3}	17.10^{-5}	2.10^{-7}	24.10^{-9}	32.10^{-13}	5.10^{-17}	76.10^{-23}	18.10^{-32}
$H \times 10^{-12}$	40	35,8	28,7	23,0	18,4	13,2	7,6	4,36	1,44
Pourcentages.									
N	0,755	0,797	0,861	0,908	0,939	0,968	0,879	0,006	0
O	0,232	0,196	0,137	0,092	0,061	0,032	0,010	2.10^{-5}	0
Ar	0,013	0,007	0,002	5.10^{-4}	1.10^{-4}	2.10^{-5}	7.10^{-7}	1.10^{-10}	0
H	4.10^{-11}	2.10^{-10}	4.10^{-9}	1.10^{-7}	1.10^{-6}	1.10^{-4}	0,111	0,994	1,000

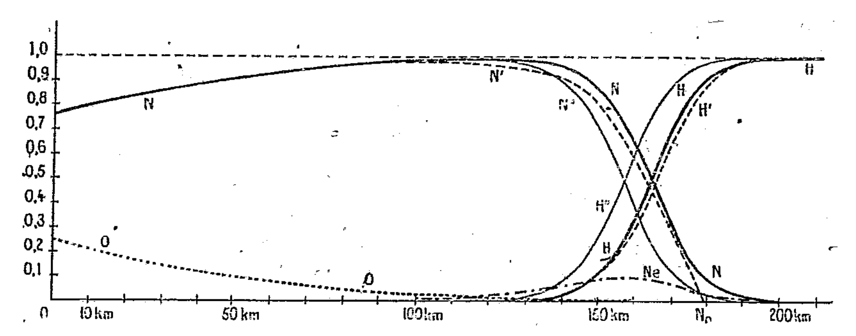
Les pourcentages dans la région la plus intéressante, de 100^{km} à 200^{km}, sont détaillés dans le Tableau suivant et les courbes correspondantes sont données par la figure.

x (km).	110.	120.	130.	140.	150.	160.	170.	180.	190.
N...	0,974	0,977	0,976	0,958	0,879	0,650	0,308	0,096	0,024
O...	0,026	0,021	0,017	0,013	0,010	0,006	0,002	0,0005	0,0001
H...	0,0004	0,0016	0,007	0,029	0,111	0,344	0,690	0,904	0,976

La pression limite de l'azote et de l'oxygène, 8.10^{-12} et 9.10^{-12}, serait atteinte vers 165^{km}. En tenant compte des molécules à vitesse plus grande, pouvant monter plus haut, la courbe de l'azote se limitera vers 180^{km} en N_0. L'hydrogène atteindrait sa densité limite $5,76.10^{-13}$ à 380^{km} de hauteur. Les molécules isolées s'élèveraient encore à une hauteur de 135^{km}, égale au libre parcours, ce qui porterait la limite extrême à plus de 500^{km}.

On peut admettre que l'hydrogène primitif a disparu par combinaison avec l'oxygène, resté en excès, et que le faible résidu actuel, insuffisant pour agir sur le spectroscope, résulte du lent apport des étoiles filantes.

Une particule cosmique pénètre dans l'atmosphère avec une vitesse moyenne de 42^{km}, avec maximum de 72^{km}, qu'elle communique aux molécules qu'elle frappe. La température répondant à cette vitesse moléculaire est de 418000° et le rayonnement instantané à cette température serait 30 milliards de fois plus grand qu'à 1000°. La force vive d'une goutte



Courbes de la proportion des différents gaz dans notre atmosphère.

N, O, H, courbes de l'azote, de l'oxygène, de l'hydrogène; N' et H', correction des courbes de N et H en introduisant 0,0001 de néon Ne; N'' et H'' décalage des courbes de N et H en triplant la proportion de H.

d'hydrocarbure de 1^{g} seulement, diffusée par les chocs dans l'atmosphère d'hydrogène que l'on trouve à 100^{km} de hauteur, suffirait pour élever à une température de 1000° et illuminer instantanément une traînée de 100^{km} de long sur 13^{km} de diamètre. Nous avons bien la réalisation des phénomènes extérieurs présentés par les *étoiles filantes*.

Un *bolide* laissera autour de lui également une traînée de molécules brillantes. De plus sa surface s'élèvera à chaque instant à une température telle que la chaleur rayonnée d'après la loi de Stefan soit égale à la chaleur engendrée par l'énergie cinétique apportée par les chocs. On a la formule ($\sigma = 5,32 \times 10^{-5}$ erg)

$$\sigma T^4 = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \rho v^3. \tag{2}$$

On obtient une température d'incandescence de 500° quand la densité de l'atmosphère par rapport à l'air atteint 774.10^{-13} pour une vitesse de 72^{km}, ce qui se trouve à 150^{km}. On obtient 140^{km} pour une vitesse de 42^{km}. On a admis une transformation intégrale de l'énergie cinétique en chaleur rayonnée. Comme la densité est ici multipliée par 10 tous les 15^{km} environ, le point d'incandescence d'un bolide sera certainement compris entre 100^{km} et 150^{km}.

NAVIGATION. — *Les ports profonds sur nos côtes de la Méditerranée et sur celles de nos colonies et pays de protectorat.* Note de M. J. **Renaud**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Dans une Note précédente (¹), j'ai cherché à montrer que, depuis quelques années, l'art de la construction des navires a fait de tels progrès qu'il est nécessaire de prévoir, à bref délai, l'aménagement de ports destinés à recevoir des bâtiments à très grand tirant d'eau. Puis j'ai examiné quels sont ceux de nos ports de l'Océan et de la Manche dont les conditions hydrographiques permettent la création d'établissements de ce genre.

Il m'a paru intéressant de faire une étude analogue pour nos ports de la Méditerranée et pour ceux de nos colonies et pays de protectorat.

Sur le littoral sud de la France, la situation nautique du port de Marseille permet de le mettre en état de recevoir les plus grands bâtiments. Dans les projets préparés pour agrandir ses ouvrages, on a, dans une large mesure, tenu compte de l'accroissement futur du tonnage des navires. Après Marseille, dont la situation, à tous points de vue, est exceptionnelle, l'endroit de la côte où il serait le plus facile de créer un port profond est la rade de Villefranche, que l'on peut considérer comme une annexe du port de Nice. Avec une dépense relativement faible, on la transformerait en un beau port, pouvant servir d'escale aux plus grands paquebots. Le fait mérite d'attirer l'attention, en raison du voisinage immédiat de la ville de Nice.

Sur la côte d'Algérie, dans les ports d'Oran et d'Alger, on a prévu des travaux d'agrandissement qui répondent à toutes les éventualités. En Tunisie, il serait facile de mettre le port de Bizerte en état de recevoir de grands navires, en draguant son chenal d'accès jusqu'au niveau des plus grands fonds du goulet du lac. Il est à remarquer que les trois ports d'Oran, d'Alger et de Bizerte, se trouvant près de la route maritime de Gibraltar à Port-Saïd, doivent, pour remplir le rôle qui leur est assigné, avoir des profondeurs au moins égales à celles du canal de Suez, que l'on est amené à creuser progressivement. Sur le littoral du golfe de Gabès, soit à l'entrée de la mer de Bou-Grara, soit plutôt dans la baie de Surkenis, on pourra, s'il en est besoin, créer à peu de frais le grand port tête de ligne

(¹) Voir *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 157.

du chemin de fer transafricain dont il a été souvent question pour relier la côte sud de Tunisie à nos possessions du centre de l'Afrique.

Djibouti, très bien placé comme point d'escale à l'entrée de l'océan Indien, serait facilement aménagé en un port profond. A Madagascar, on trouve, dans les principaux ports : Tamatave, Majunga, Antsirane, les fonds naturels nécessaires pour recevoir les grands navires.

Près de la route suivie par les bâtiments qui se rendent en Chine et au Japon, les côtes d'Indo-Chine offrent une suite de très belles rades se prêtant bien à l'installation de ports d'escale; ce sont : le cap Saint-Jacques, à l'entrée de la rivière de Saïgon; Tourane, port de la capitale de l'Annam, et, entre ces deux points, les baies de Cam-Ranh et de Bing-Hoï, auxquelles seule leur situation nautique donne de l'importance.

Dans l'océan Pacifique, Nouméa possède un grand port naturel. Les îles de la Société se trouvent dans une position très favorable pour servir de point de relâche aux paquebots faisant la traversée de Panama en Australie. En prévision du mouvement de navigation qui doit s'établir dans ces parages, des études ont été déjà faites pour l'aménagement du port de Papeete, à Tahiti. Mais les dimensions des navires augmentent si rapidement qu'on peut se demander si ce port, avec sa passe de 12^m formée d'un seuil rocheux exposé à la houle et avec sa rade d'étendue assez restreinte, répond bien aux conditions à prévoir dans l'avenir. Peut-être serait-il préférable de choisir, dans le même groupe d'îles, un port plus profond et plus étendu. Un certain nombre de rades voisines présentent à ce point de vue, sur Papeete, des avantages incontestables. La question pourrait de nouveau être mise à l'étude.

Aux Antilles, le port de Fort de France occupe une position avantageuse, à proximité de la route des navires qui, d'Europe, se rendent au canal de Panama; l'Administration des colonies a déjà étudié les moyens de donner à ce port l'outillage nécessaire.

Sur la côte ouest d'Afrique, le nouveau projet préparé en vue de l'agrandissement du port de Dakar y prévoit l'aménagement d'un des plus beaux points d'escale du monde. Plus au Sud, dans notre colonie de l'Afrique équatoriale française, les rades de Libreville et de Port-Gentil peuvent recevoir les navires du plus fort tonnage.

En résumé, sur nos côtes de la Méditerranée, nous avons un assez grand nombre de ports qui répondent bien aux conditions hydrographiques exigées par les navires à très grand tirant d'eau.

Dans nos colonies, trois points, par leur position géographique et

leurs conditions nautiques, occupent une situation exceptionnellement favorable pour servir d'escale aux paquebots; ce sont : Dakar, Djibouti et l'une des nombreuses rades qu'offrent les îles de la Société. D'autres ports, cités plus haut, présentent aussi, à ce point de vue, un réel intérêt.

Il faut s'occuper sans retard de prendre les mesures nécessaires pour tirer parti de ces précieux avantages.

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE. — *Sur l'annulation du coma dans les lentilles.* Note (¹) de M. E. Carvallo, présentée par M. Bourgeois.

L'étude des appareils d'optique construits dans les ateliers de périscopes que j'ai fondés à Gretz et à l'École Polytechnique m'ayant conduit au calcul des lentilles achromatiques, mon attention a été portée sur le *coma* et l'annulation de ce défaut par la *condition des sinus*.

Des obscurités se rencontrent à ce sujet dans les livres, tant sur la démonstration que sur la signification même de la *formule des sinus d'Abbe* et de la *deuxième équation de Seidel* qui en est déduite.

La méthode suivante ne faisant pas intervenir la condition des sinus, supprime les obscurités qui s'y attachent; elle éclaire le sujet et procure en outre une formule nouvelle.

Au point A, pris sur l'axe d'un système centré de dioptres sphériques S_1, S_2, ..., S_λ de centres C_1, C_2, ..., C_λ, on considère un objet AB, linéaire et perpendiculaire à l'axe. Les rayons centraux donnent dans les divers dioptres les images successives A_1B_1, A_2B_2, ..., $A_\lambda B_\lambda$. Des pinceaux correspondant à une petite surface marginale donnent des images P_1Q_1, P_2Q_2, ..., $P_\lambda Q_\lambda$, un peu différentes des premières. L'image finale sera d'autant meilleure que $P_\lambda Q_\lambda$ sera plus près de coïncider avec $A_\lambda B_\lambda$. Mais il faut distinguer entre l'aberration longitudinale et l'aberration latérale : l'écart longitudinal $A_\lambda P_\lambda$ n'a qu'une importance secondaire, parce que les deux points étant sur un même rayon visuel semblent coïncider; au contraire, l'écart latéral venant de la différence entre les longueurs $A_\lambda B_\lambda$ et $P_\lambda Q_\lambda$ prend plus d'importance parce qu'il sépare les images des deux points B_λ et P_λ dans l'œil. Il provoque le coma.

La différence $\eta_\lambda = 1 - \frac{P_\lambda Q_\lambda}{A_\lambda B_\lambda}$ mesure ce défaut.

(¹) Séance du 21 octobre 1918.

En vue de son évaluation, le rapport $\frac{P_\lambda Q_\lambda}{A_\lambda B_\lambda}$ doit être calculé au moyen des données des dioptres successifs. Je l'écris donc sous la forme

$$(1)\quad \frac{P_\lambda Q_\lambda}{A_\lambda B_\lambda} = \left(\frac{P_\lambda Q_\lambda}{P_{\lambda-1} Q_{\lambda-1}} \frac{P_{\lambda-1} Q_{\lambda-1}}{P_{\lambda-2} Q_{\lambda-2}} \cdots \frac{P_1 Q_1}{PQ}\right) : \left(\frac{A_\lambda B_\lambda}{A_{\lambda-1} B_{\lambda-1}} \frac{A_{\lambda-1} B_{\lambda-1}}{A_{\lambda-2} B_{\lambda-2}} \cdots \frac{A_1 B_1}{AB}\right)$$

(où PQ coïncide avec AB par hypothèse).

Évaluons le dernier de ces rapports

$$(2)\quad \frac{A_1 B_1}{AB} = \frac{C_1 A_1}{C_1 A} = \frac{S_1 A_1 - S_1 C_1}{S_1 A - S_1 C_1}.$$

Les notations en usage dans la théorie qui nous occupe sont celles-ci :

$$\frac{1}{S_1 C_1} = r_1, \qquad \frac{1}{S_1 A} = p, \qquad \frac{1}{S_1 A_1} = p_1;$$

r_1 est la courbure du dioptre S_1; p et p_1 sont les proximités des points A et A_1 rapportés à S_1.

Avec ces notations, l'expression (2) devient

$$(3)\quad \frac{A_1 B_1}{AB} = \frac{p}{p_1} \frac{r_1 - p_1}{r_1 - p}.$$

La même formule (3) sert à exprimer le rapport $\frac{P_1 Q_1}{PQ}$, pourvu qu'on y remplace p et p_1 par les valeurs peu différentes $p + \varepsilon$ et $p_1 + \varepsilon_1$ correspondant aux points P et P_1 voisins de A et A_1.

Les quantités ε étant petites, on obtient la première approximation en négligeant les termes du deuxième ordre relativement aux quantités ε, savoir :

$$(4)\quad \frac{P_1 Q_1}{PQ} = \frac{p}{p_1} \frac{r_1 - p_1}{r_1 - p}\left(1 - \frac{\varepsilon}{p} + \frac{\varepsilon_1}{p_1} + \frac{\varepsilon}{r_1 - p} - \frac{\varepsilon_1}{r_1 - p_1}\right).$$

Divisant l'expression (4) par l'expression (3), on obtient

$$(5)\quad \frac{P_1 Q_1}{PQ} : \frac{A_1 B_1}{AB} = 1 - \frac{\varepsilon}{p} + \frac{\varepsilon_1}{p_1} + \frac{\varepsilon}{r_1 - p} - \frac{\varepsilon_1}{r_1 - p_1}.$$

Or on connaît la relation qui lie les proximités des deux foyers conjugués A et A_1; c'est $n(r_1 - p) = n_1(r_1 - p_1)$, où n et n_1 sont les indices de réfraction des milieux correspondant à A et A_1; la valeur commune Q_1, des deux membres, est *l'invariant d'Abbe.*

En fonction de Q_1, les expressions de $\frac{1}{r_1 - p}$ et $\frac{1}{r_1 - p_1}$ sont

$$\frac{1}{r_1 - p} = \frac{n}{Q_1}, \qquad \frac{1}{r_1 - p_1} = \frac{n_1}{Q_1}.$$

L'égalité (5) s'écrit donc

$$\frac{P_1 Q_1}{PQ} : \frac{A_1 B_1}{AB} = 1 - \frac{\varepsilon}{p} + \frac{\varepsilon_1}{p_1} + \frac{n\varepsilon - n_1 \varepsilon_1}{Q_1}.$$

Qu'on opère de même pour les autres couples de rapports figurant au second membre de l'égalité (1), qu'on fasse le produit des expressions trouvées, en négligeant encore les termes d'ordre supérieur au premier, on obtient

$$\frac{P_\lambda Q_\lambda}{A_\lambda B_\lambda} = 1 - \frac{\varepsilon}{p} + \frac{\varepsilon_\lambda}{p_\lambda} - \left(\frac{n_1 \varepsilon_1 - n\varepsilon}{Q_1} + \frac{n_2 \varepsilon_2 - n_1 \varepsilon_1}{Q_2} + \ldots + \frac{n_\lambda \varepsilon_\lambda - n_{\lambda-1} \varepsilon_{\lambda-1}}{Q_\lambda} \right).$$

Par hypothèse, ε est nul puisque PQ coïncide avec AB; d'autre part on connaît la valeur principale de l'expression $n_1 \varepsilon_1 - n\varepsilon$, savoir :

$$n_1 \varepsilon_1 - n\varepsilon = \left(\frac{p_1}{n_1} - \frac{p}{n} \right) Q_1^2 \frac{h_1^2}{2} \qquad \text{(formules des aberrations sur l'axe)},$$

h_1 désignant la distance à l'axe, du point où le pinceau marginal perce le dioptre S_1.

La valeur principale du coma η_λ a finalement pour expression

$$\text{(I)} \qquad \eta_\lambda = 1 - \frac{P_\lambda Q_\lambda}{A_\lambda B_\lambda} = \frac{-\varepsilon_\lambda}{p_\lambda} + \left(\frac{p_1}{n_1} - \frac{p}{n} \right) Q_1 \frac{h_1^2}{2} + \left(\frac{p_2}{n_2} - \frac{p_1}{n_1} \right) Q_2 \frac{h_2^2}{2} + \ldots + \left(\frac{p_\lambda}{n_\lambda} - \frac{p_{\lambda-1}}{n_{\lambda-1}} \right) Q_\lambda \frac{h_\lambda^2}{2},$$

la valeur principale de ε_λ étant d'ailleurs donnée par la formule connue de l'aberration sur l'axe

$$\text{(II)} \quad n_\lambda \varepsilon_\lambda = \left(\frac{p_1}{n_1} - \frac{p}{n} \right) Q_1^2 \frac{h_1^2}{2} + \left(\frac{p_2}{n_2} - \frac{p_1}{n_1} \right) Q_2^2 \frac{h_2^2}{2} + \ldots + \left(\frac{p_\lambda}{n_\lambda} - \frac{p_{\lambda-1}}{n_{\lambda-1}} \right) Q_\lambda^2 \frac{h_\lambda^2}{2}.$$

Les expressions de ε_λ et de η_λ sont, chacune, du deuxième ordre par rapport aux ouvertures utilisées des dioptres.

Si l'on dispose d'une seule variable (achromatique à deux verres collés), on en profitera pour annuler la valeur principale du coma η_λ; η_λ sera du quatrième ordre, ε_λ du second ordre. Si l'on dispose de deux variables (achromatique à deux verres non collés), on peut annuler les valeurs principales de η_λ et ε_λ, ce qui donne les deux équations classiques de Seidel.

Si la lentille est mince, toutes les valeurs des h sont égales et le facteur $\frac{h^2}{2}$ disparaît. On obtient ainsi

$$(\varepsilon_\lambda = 0), \qquad \left(\frac{p_1}{n_1} - \frac{p}{n}\right) Q_1^2 + \left(\frac{p_2}{n_2} - \frac{p_1}{n}\right) Q_2^2 + \ldots + \left(\frac{p_\lambda}{n_\lambda} - \frac{p_{\lambda-1}}{n_{\lambda-1}}\right) Q_\lambda^2 = 0,$$

$$(\eta_\lambda = 0), \qquad \left(\frac{p_1}{n_1} - \frac{p}{n}\right) Q_1 + \left(\frac{p_2}{n_2} - \frac{p_1}{n_1}\right) Q_2 + \ldots + \left(\frac{p_\lambda}{n_\lambda} - \frac{p_{\lambda-1}}{n_{\lambda-1}}\right) Q_\lambda = 0.$$

Les obscurités qu'on rencontre dans la méthode des sinus sont évitées dans l'exposé ci-dessus qui procure en outre l'avantage de donner un résultat nouveau : l'expression du coma η_λ dans le cas où l'aberration sur l'axe ε_λ n'est pas nulle.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'interversion du sucre de canne par la silice colloïdale.* Note de MM. **Albert** et **Alexandre Mary**, présentée par M. Edmond Perrier.

La silice colloïdale a été préparée par voie chimique, au moyen du silicate de sodium et de l'acide chlorhydrique. Trois séries d'expériences ont été faites : la première, avec des hydrosols dialysés; les deux autres, avec des hydrosols non dialysés.

Première série. — A la température ordinaire (15°-20° C.), la silice colloïdale, dialysée à 8 pour 100, intervertit assez activement le sucre de canne, mais son pouvoir catalytique décroît après 5 ou 6 heures ; le même hydrosol, ramené à 5 pour 100 par addition extemporanée d'eau distillée, commence à perdre de son activité seulement après 130 heures; enfin, avec un hydrosol à 1,5 pour 100, nous avons observé le même pouvoir intervertissant au début de nos esssais et après un laps de temps de quatre mois. En somme, la durée de la période d'activité est mesurée par la durée même de la phase dispersée des sols, d'autant plus instables qu'ils sont plus concentrés.

Pour l'étude de l'interversion, nous avons employé la liqueur cupro-sodique (Fehling), dont la sensibilité est extrême; les résultats principaux ont été contrôlés au moyen du réactif de Nylander.

Deuxième série. — Afin de rester dans des conditions physiques d'instabilité comparables à celles des colloïdes cellulaires, les hydrosols siliciques n'ont pas été dialysés; et, dans le but d'exclure toute cause d'erreur provenant de l'acidité des pseudo-solutions, celles-ci ont été très faiblement alcalinisées par addition de bicarbonate de sodium. Dans ces conditions, la floculation spontanée est assez rapide, même pour des

hydrosols peu concentrés; en outre, la chaleur exerce une action favorisante considérable sur la coagulation. Préparé extemporanément selon ces indications, l'acide silicique intervertit lentement $C^{12}H^{22}O^{11}$. Porté à 80° C. pendant 4 minutes, il voit son pouvoir catalytique décroître sensiblement. Bouilli pendant 7 secondes, il perd les deux tiers de son activité et devient sensiblement inactif si l'on prolonge l'ébullition. Pectisé spontanément à la température normale, après un temps qui varie en raison inverse du degré de concentration et de la quantité de bicarbonate de sodium introduite, il cesse également d'intervertir le sucre.

L'un de nos essais a porté sur un hydrosol susceptible d'éprouver la floculation spontanée en 18 heures à 15° C. Voici, pour diverses températures, le temps employé à produire une interversion appréciable du sucre (quantités constantes de solution à 25 pour 100) par des quantités constantes de cet hydrosol fraîchement préparé :

° C.	
36	40 minutes
54	18 »
63	23 »
81	38 »
100	pas d'interversion sensible

Ici, la température optima est comprise entre 54° et 63°C. Mais, dans le détail, de telles évaluations varient assez largement d'une expérience à l'autre, suivant le degré d'instabilité micellaire du produit préparé, ou, en d'autres termes, suivant le degré de concentration de l'hydrosol et sa richesse en électrolytes.

Troisième série. — L'acide silicique non dialysé, alcalinisé seulement par quelques gouttes supplémentaires de silicate de sodium, est plus stable que le précédent. Aussi, sa réaction catalytique est-elle plus intense. En outre, l'ébullition, qui ne provoque pas la pectisation, ne porte pas atteinte à ses propriétés.

De ces quelques essais, se dégagent plusieurs conclusions intéressantes :

a. La silice colloïdale, à l'instar des acides minéraux, de l'acide acétique, de l'invertine, et des hydrosols de palladium, d'or et de platine, intervertit le sucre de canne d'une manière appréciable.

b. Son pouvoir intervertissant est fonction de son état de dispersion micellaire; elle est inactivée par les circonstances physico-chimiques qui détruisent la phase dispersée de ses pseudo-solutions.

c. Dans certaines conditions d'instabilité physique, son activité croît avec la température jusqu'à un point optimum variable (inférieur à 100°C.), et décroît ensuite jusqu'à complète inactivation. Ses conditions d'activité sont alors comparables, à certains égards, à celles des métaux colloïdaux et de

l'invertine extraite du thalle de divers *Saccharomyces* ou *Penicillium*. Aucune raison d'ordre chimique ne semble pouvoir être invoquée pour expliquer cette ressemblance. Mais la coïncidence de l'inactivation progressive avec la coagulation progressive conduit à penser qu'il s'agit uniquement, dans ces divers cas, de l'influence de la chaleur sur le degré de dispersion du colloïde intervertissant. Sucrase, métaux colloïdaux, silice colloïdale, intervertissent le sucre avec une vitesse qui croît avec la température (comme pour les acides minéraux), jusqu'au moment où l'augmentation de la chaleur commence à abaisser le degré d'hydrophilie des micelles. Ce phénomène, prodomatique de la coagulation, s'annonce déjà pour l'invertine, dont la constitution chimique paraît si voisine de celle des albuminoïdes, vers 56°-60°C. (En milieu aqueux chargé d'électrolytes, c'est, en effet, un peu au-dessous de 60° que les albumines tendent à passer de la phase dispersée microhétérogène à la phase dispersée macrohétérogène qui précède la formation de l'hydrogel.) On sait déjà que les « ferments métalliques » reconnaissent une température optima très inférieure à 100°C., et que l'ébullition détruit à la fois leur phase dispersée et leur pouvoir catalytique.

L'étude des colloïdes minéraux intervertissants fournit ainsi une explication satisfaisante des conditions thermiques d'exercice des diastases, en ramenant ce chapitre de biochimie à un chapitre de la physique colloïdale.

GÉOLOGIE. — *Limite des grès siliceux horizontaux en Afrique occidentale.* Note de M. **Henry Hubert**.

Ce n'est qu'au cours de deux récentes missions (Mauritanie, Guinée, Haut-Sénégal et Niger) qu'il m'a été donné de déterminer les limites sud-ouest des formations que j'ai précédemment désignées sous le nom de *grès siliceux horizontaux*. Je me propose, dans cette Note, d'indiquer la répartition de ces derniers à l'ouest du 4° long. W.

Limite extérieure. — Elle est connue en Mauritanie, à partir de l'Aguielt Abd-el-Jaber (environs du 22°30' lat. N. et du 12° long. W), et il est

possible que de ce point elle se relie à l'El-Hank (carte Nieger, 1907). Elle se continue vers le Sud par les falaises de l'Adrar, du Tagant et de l'Assaba. Au sud de ce dernier massif, près de Guémou, elle dessine vers l'Est un golfe qui va au delà de Tischy, puis vient traverser le Sénégal à Médine pour se confondre ensuite avec les hauteurs de Kayes et le Tambaoura.

A partir de Barnina cette limite ne correspond plus à des accidents géographiques. Elle va d'abord dans le Sud, puis englobe le Fantofa, passe près de Toukoundia et au sud de Tiokétian, suit à peu près la frontière Guinée française-Sénégal et pénètre dans la Guinée portugaise à Missira. De ce point j'ignore comment elle se poursuit jusqu'à la côte, au sud du Rio Géba.

Dans sa partie méridionale, cette limite reparaît sur la côte à la hauteur de l'embouchure du Konkouré. Elle se dirige vers l'Est et se raccorde à la falaise Dixim-Coyals-Forécaria-Goumbokoré. Au sud-est de Kindia, les renseignements précis font défaut, mais il est probable que les grès ne dépassent pas Koniakary et Koussi. Quoi qu'il en soit, la limite ne tarde pas à remonter vers le Nord, passant à Tiaïé, puis entre Ditinn et Bounaïa, au sud de Kolen et près de Diavia. Elle est masquée alors par les diabases et ne reparaît que par places, à Dinguiraye, Bouka, Siguirindi et Moussala. De ce point elle se rattache aux hauteurs du Kéniékrou, probablement par la falaise de Nabou, puis de là aux hauteurs du Balan et du Mandingue, d'où elle rejoint la passe Banfora-Bandigara-Hombori.

Entre cette dernière localité et l'Aguielt Abd-el-Jaber, la limite nord des grès n'a pas été déterminée. Tout porte à croire qu'elle n'est pas continue, mais il est facile de se rendre compte que les territoires situés au sud des deux points cités plus haut sont bien en majeure partie occupés par les grès (¹).

Surfaces occupées par les grès. — Cette immense région (²) n'est évidem-

---

(¹) Cette droite passe en effet par la région de Gouddam et à une centaine de kilomètres seulement de la falaise Tichitt-Oualata.

(²) On notera l'immensité de la région gréseuse : il y a, en ligne droite, 1500^{km} de l'Aguielt Abd-el-Jaber à l'embouchure de Konkouré, 1500 également de ce dernier point à Hombori, 1200 de Hombori à l'Aguielt Abd-el-Jaber.

ment pas exclusivement occupée par des affleurements gréseux. Les principales masses gréseuses reconnues sont :

1° Le massif Adrar-Tagant auquel se rattache, au Sud, la zone limitée par la falaise Aïn-Maza, Oualata, Bounédou-Baddi. Cette zone se terminerait à peu près à la latitude de Sokolo et doit se rattacher aux grès de Goundam.

2° L'Assaba (suite du Tagant) auquel il faut joindre la vaste région comprise entre Mouschiab et Aguénaëtir au Nord, el-Belenkchache et Koniakary au Sud.

3° L'immense zone Kayes-Barnina-Banford-Hombori (déjà indiquée sur la carte géologique que j'ai publiée autrefois). La limite nord de cette zone doit être rectifiée ne la faisant passer par Simbi, Ouateï, Gringalé, Naoulina.

Au sud-ouest d'une ligne Barnina-Kakama, Kéniékrou, les affleurements gréseux sont souvent discontinus. Ils deviennent même rares dans la partie Labé-Kakama-Barnina-Youkounkoun, mais ne disparaissent pas complètement. Ils se présentent alors en lambeaux occupant des altitudes très variables (250^{m} près de Toukoundia, plus de 1200^{m} à Tiga).

Régions non occupées par les grès. — Les dunes couvrent d'immenses espaces dans l'Aouker et le Hodh.

Les dépôts horizontaux [jaspes, pélites, calcaires (1), etc.] sur lesquels j'ai déjà attiré l'attention (2) s'observent surtout dans le Regueïba; entre el-Belenkchache, Koniakary, Toukoto et Siracoro; entre Ouateï, Goumbou et Boubouni, dans la région Labé-Kakama-Barnina-Youkounkoun, etc. Le plus souvent on les rencontre au-dessous des grès, mais on les voit aussi au-dessus de ceux-ci. Il faut donc les mettre dans la même série.

Au sud de Bougoudré commencent les diabases (2), se présentant le plus souvent sous forme de coulées ou de sills. Elles s'étendent bien au delà de

(1) Outre ceux de Dinguira, Toukoto et Siracoro, déjà connus et exploités, il faut signaler, comme gîtes calcaires de cette série, ceux de Digui, Diabéssamou, Sélikégny, Yarkada, Doualé, Bendougou, Sibindi, Yélimané, Goguel, Ouaïkanou, Ouahiguillou (Haut-Sénégal et Niger); Kiffa (trois gîtes), Kouroudjel, Azerra (Mauritanie); Idia, Kounda, Kankata, rivière Koïse (Guinée française).

(2) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 1007; t. 164, 1917, p. 434; t. 167, 1918, p. 167.

la zone gréseuse. Leur développement est exceptionnel entre Bougoudré, Gawal, Mamou, Dinguiraye et Kakama. On doit attribuer à leur action les modifications métamorphiques des formations de la série gréseuse, modifications auxquelles les grès seuls ont presque totalement échappé.

Enfin, là où le revêtement gréseux a disparu, on peut voir, sur des surfaces relativement très peu étendues, les formations du soubassement (schistes micacés dans la région de Gawal, gneiss et granites à Kankossa, Béfarara, Guibouria, etc.).

ANATOMIE. — *Contribution à la phylogénie des muscles.* Note de M. **J. Chaine**, présentée par M. Edmond Perrier.

A diverses reprises, j'ai montré que la *myologie comparative* a peu progressé par rapport aux autres branches de l'Anatomie. Je ne reviendrai pas ici sur cette remarque, voulant uniquement me borner à signaler une erreur qui, justement par suite de nos notions insuffisantes en cette matière, s'est peu à peu installée dans la Science, au point qu'aujourd'hui elle y a véritablement pris droit de cité.

On lit, en effet, d'une façon presque courante, que certains muscles des Vertébrés supérieurs se seraient constitués par la *soudure de muscles normalement distincts* chez des êtres à organisation moins évoluée. Dans mes travaux sur le digastrique, j'ai insisté sur tout ce que cette manière de voir a d'irrationnel; je laisserai donc ici toute considération particulière pour n'envisager la question que sous son aspect général.

Pour se rendre compte d'une façon certaine que le processus de soudure de *formations primitivement distinctes et nettement caractérisées* n'existe pas dans la constitution des muscles, il suffit de jeter un coup d'œil impartial sur l'ontogénie et la phylogénie du système musculaire. Un examen fait avec conscience montre, en toute évidence, qu'une telle conception ne peut être que le résultat de fausses apparences et, par suite, de mauvaises interprétations de faits non suffisamment approfondis.

Chez l'embryon de Vertébrés, les myotomes sont régulièrement situés les uns derrière les autres; au niveau de la région cervico-céphalique ce système est, de bonne heure, d'apparence moins régulière pour diverses raisons que je n'ai pas à analyser ici. Ces myotomes, qui sont tous indé-

pendants les uns des autres, sont des formations éminemment plastiques qui se modifient et se transforment pour constituer, par la suite, les muscles de l'adulte.

Chez les Vertébrés les plus inférieurs, le système musculaire présente dans son ensemble une disposition qui rappelle beaucoup la précédente. Il est constitué par une série de masses métamériquement distribuées tout le long du corps et généralement indépendantes les unes des autres. Ce n'est qu'au niveau des régions cervicale et céphalique que cette régularité est plus ou moins troublée; mais si, dans la tête, la métamérie est assez masquée, elle peut encore être assez bien discernée au niveau du cou.

Chez les Vertébrés supérieurs la disposition générale du système musculaire est, au premier abord, bien différente de ce qu'elle est chez les êtres précédents, *mais au fond elle est la même :* chez l'embryon, en effet, elle est identique et chez l'adulte elle n'est troublée que par la multiplicité des organes et des mouvements et par suite par le grand nombre de muscles à dispositions diverses dépendant de ceux-ci.

Cela posé voyons comment se forment les muscles. Ils naissent de façon semblable chez les Vertébrés inférieurs et chez les Vertébrés supérieurs. Deux processus sont à envisager:

1° Le muscle tire directement son origine d'un ou de plusieurs myotomes: dans le premier cas, il s'agit d'un muscle monogastrique et mono-innervé, dans le deuxième d'un muscle à deux ou plusieurs ventres et par suite bi ou pluri-innervé. Dans ce dernier cas l'origine multimétamérique peut encore être marquée par l'existence de sections tendineuses.

Lorsqu'il se constitue plusieurs organes dans le même segment du corps ou que celui-ci devient le siège de nouveaux mouvements, c'est le myotome de ce segment qui, *par division*, donne les muscles nécessaires à tous ces organes et mouvements; plus ceux-ci sont nombreux, plus les divisions le sont.

Quand un organe acquiert une forte puissance ou simplement s'étend sur plusieurs métamères, le ou les muscles qui en dépendent peuvent être formés par la soudure d'un ou plusieurs myotomes. Mais il s'agit là de soudures précoces portant sur des parties non encore évoluées, par conséquent plastiques, et non sur des formations ayant déjà acquis une certaine individualité.

Souvent aussi il arrive qu'un muscle dérivant d'un ou plusieurs myo-

tomes s'étende sur des segments autres que ceux auxquels appartiennent les myotomes formatifs; cela se produit par bourgeonnement des myotomes soit en avant, soit en arrière.

C'est par suite de ces faits que la métamérie musculaire des Vertébrés supérieurs, si nette chez l'embryon, est marquée par la suite comme je le montrais ci-dessus. C'est très probablement dans la disparition de cette segmentation et dans cette nouvelle disposition des muscles qu'il faut rechercher les causes de fausses interprétations dont je parlais tout à l'heure. Il est, en effet, à peu près certain que l'extension de certains muscles au delà de leurs segments d'origine, ou le fait que des muscles par suite de soudure de myotomes s'étendent sur plusieurs métamères, dispositions pouvant concorder avec la disparition de formations musculaires existant autre part, ait pu faire croire à la coalescence de muscles nettement caractérisés. Cependant, comme je l'ai signalé ailleurs, une étude comparative soignée portant sur un grand nombre d'espèces arrive à montrer la dégénérescence progressive du muscle absent. Il y a donc disparition par régression et non par fusion.

2° Fréquemment aussi il arrive que, lorsqu'une fonction nouvelle s'installe tardivement, les muscles destinés aux mouvements qui en découlent naissent par *division* de muscles déjà constitués, ceux-ci pouvant s'étendre sur un ou plusieurs segments du corps suivant les remarques précédentes. La tendance à la division des muscles est bien trop connue pour que je puisse me permettre d'insister davantage sur ce processus. Cela est commun, par exemple, au niveau des membres.

En résumé donc, quel que soit le nombre de métamères sur lesquels un muscle s'étend, que ces métamères soient ou non pour lui des segments d'origine, ce muscle ne peut se constituer que par l'un des trois processus suivants : 1° division de myotome; 2° soudure de parties de myotomes différents préalablement divisés, mais non encore individualisées; 3° division d'un muscle déjà caractérisé.

ANATOMIE ANTHROPOLOGIQUE. — *Découverte d'un procédé sûr pour reconnaître le sexe des axis humains à tout âge.* Note de M. **Marcel Baudouin**, présentée par M. Charles Richet.

Dans un Mémoire antérieur (¹), j'ai montré que, pour l'homme adulte, on pouvait assez facilement reconnaître le sexe de la vertèbre *axis*, pour les époques préhistorique et actuelle, à l'aide du *poids* de l'os d'une part et d'autre part de la dimension de son *diamètre transverse* maximum.

En effet, tous les axis néolithiques dépassent 6^g, quand ils correspondent au sexe masculin, et descendent de 6^g à 4^g parfois, quand il s'agit du sexe féminin.

De plus, tous les axis masculins d'adulte ont un diamètre transverse supérieur à 45^{mm}, tandis que les féminins varient de 40^{mm} à 45^{mm}.

Mais ces deux procédés ne sont pas applicables aux adolescents et aux enfants, dont les axis peuvent avoir parfois un diamètre transverse supérieur à 45^{mm}, tandis que le poids peut être inférieur à 4^g.

C'est alors que j'ai songé à utiliser une remarque faite antérieurement sur les dimensions comparées du trou vertébral de cette partie de la colonne cervicale (²).

Si, comme l'a fait remarquer déjà Ledouble, ces dimensions, prises isolément, ne nous apprennent rien; il n'en est pas de même de leur *différence*.

En effet, la différence des diamètres antéropostérieur et transverse de ce trou est très notable dans le sexe masculin et très faible dans le sexe féminin. Et l'observation prouve que chez les hommes elle varie de 4^{mm} à 7^{mm}, tandis que, chez les femmes, elle oscille de 1^{mm} à 3^{mm} seulement. Si donc, sur un os d'adolescent, cette différence est seulement de 1^{mm} à 2^{mm}, il s'agit sûrement d'un sujet féminin.

Si l'on tente de chiffrer ces données par la *méthode des indices*, classique en anthropologie, en utilisant l'*indice épaisseur-largeur du trou vertébral de l'axis*, il est facile de constater ce qui suit :

(¹) Marcel Baudouin, *Les deux premières vertèbres cervicales dans l'ossuaire néolithique des Cous à Bazoges-en-Pareds (Vendée)* (*Bull. et Mém. Soc. Anthrop.*, Paris, 7 janvier 1915, p. 5-26).

(²) *Bull. Soc. préh. Franç.*, 1918, n° 1², p. 125.

1° Cet indice, chez l'homme, va de 65 à 75 avec une moyenne de 70.

2° Chez la femme il monte à la moyenne 90, en variant de 85 à 95.

3° La différence de ces indices sexuels est donc de $90 - 70 = 20$. Et ce chiffre est largement suffisant, en pratique, puisqu'il représente $\frac{20}{100} = \frac{1}{5}$, pour permettre à tout anatomiste de déterminer le sexe d'un sujet, dont on possède l'axis.

L'intérêt de ce procédé est donc manifeste pour l'anatomiste et l'anthropologiste. Il rendra aussi de réels services en médecine légale, car il s'agit d'un os qui se conserve toujours très bien dans les sépultures, même par inhumation.

PHYSIOLOGIE. — *Action du citrate de soude sur le sang.* Note (¹) de M. **Folley**, présentée par M. E. Roux.

De nombreux physiologistes ont étudié l'action du citrate de soude sur le sang et ont attribué son pouvoir anticoagulant à l'immobilisation du calcium. On sait en outre, depuis les travaux de Peckelharing, Schmidt, Arthus, etc., que le sang citraté, comme les sangs rendus incoagulables par décalcification vraie, se coagule quand on l'additionne de fibrin-ferment. D'autre part, les sangs et plasmas citratés, à l'instar des sangs et plasmas non spontanément coagulables, se coagulent quand on les additionne de sucs de tissus. Les expériences classiques de Delezenne sur le sang et le plasma des oiseaux peuvent être reproduites avec les sangs et plasmas citratés et nous montrent que :

1° Le sang aspiré par ponction d'une veine, ou jaillissant d'une artère sans baver sur les lèvres de la plaie vasculaire, ne se coagule pas s'il est additionné de citrate de soude;

2° Le sang citraté récent se coagule très rapidement par l'addition d'une petite quantité d'un coagulum récent non rétracté, de sucs de tissus non lavés, de sucs de tissus lavés;

3° Le sang ayant bavé sur une plaie avant le citratage se coagule rapidement;

4° Le sang citraté se coagule rapidement au contact d'une plaie.

(¹) Séance du 21 octobre 1918.

L'emploi du sang citraté dans les grandes hémorragies de guerre (Luis-Agote, Lewissohn, Hédon et Jeanbreau) nous a incité à entreprendre une série d'expériences et à étudier l'action du citrate trisodique sur le sang et l'organisme en vue de la transfusion. Toutes nos expériences ont été faites à la fois sur le sang humain et le sang de lapin. Le citratage a été fait au moyen d'une solution aqueuse récente, à 10 pour 100 de citrate trisodique cristallisé, que nous mélangions au sang dans la proportion de 10^{cm^3} de solution pour 200^{cm^3} de sang.

Dans cette Note nous apportons les faits suivants :

Expérience I. — Le sang citraté humain ou d'animal, abandonné pendant plusieurs heures à la température ambiante (18° à 23° C.), ne se coagule plus par addition d'une petite quantité de coagulum récent ou de sucs de tissus non lavés (muscles, aponévroses, tissu cellulaire, vaisseaux).

Expérience II. — Le sang citraté, ayant perdu le pouvoir de se coaguler par addition d'un coagulum récent ou de sucs de tissus, se coagule additionné d'une petite quantité de chlorure de calcium.

Expérience III. — Le sang d'un homme ou d'un animal auquel on a injecté de la gélatine ou du sérum de cheval, du sérum antitétanique ou même de son propre sérum, se coagule beaucoup plus rapidement au sortir des vaisseaux. Nous avons constaté que ce sang, mélangé au citrate de soude après avoir été correctement aspiré par ponction veineuse, ne se coagule pas plus que le sang d'un sujet normal.

Des travaux des physiologistes cités plus haut et des faits que nous signalons nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° Le citratage du sang n'empêche la coagulation que dans le cas particulier où le sang circulant est extrait des vaisseaux sans toucher aux lèvres d'une plaie.

2° Le citratage du sang ne constitue aucune sécurité quand on extrait le sang des vaisseaux au cours d'une intervention chirurgicale, créant une plaie, lésant l'endothélium des vaisseaux, déterminant des amorces de coagulation (petits caillots, sucs de tissus).

3° Le sang citraté perd en quelques heures la faculté de se coaguler avec un coagulum récent, du suc de tissus, etc., mais se coagule encore avec du chlorure de calcium.

4° Le sang rendu plus rapidement coagulable, par la gélatine en injections *in vivo* ou par le sérum antitétanique, peut être maintenu liquide par le citrate de soude dans les mêmes conditions que le sang normal.

ZOOLOGIE. — *Sur les Actinies des grandes profondeurs de l'Atlantique provenant des croisières de la* Princesse-Alice *et sur quelques traits de la biologie de ces animaux.* Note de M. **Ch.-J. Gravier**, présentée par M. Ed. Perrier.

La très grande majorité des Actinies recueillies au cours des croisières du Prince de Monaco, dans l'Atlantique septentrional, sont des animaux qui vivent à des profondeurs variant de 100^m à 6035^m. J'ai reconnu parmi elles 26 espèces appartenant à 19 genres répartis dans neuf familles distinctes. 16 de ces espèces sont à considérer comme nouvelles; 4 d'entre elles ont nécessité la création d'autant de genres nouveaux, dont l'un devient le type d'une nouvelle famille. Sur 26 espèces déterminées, 12, c'est-à-dire près de la moitié, appartiennent à la famille des *Sagartiadæ* qui paraît jouer ici un rôle analogue à celle des *Turbinolidæ* parmi les coraux des grandes profondeurs ([1]). Parmi les *Sagartiadæ*, la prédominance appartient à la sous-famille des *Chondractinidæ*, qui recherchent les eaux profondes et qui sont d'ailleurs particulièrement armées en vue de la lutte pour l'existence, grâce à la consistance et à l'épaisseur de leur colonne, à la puissance de leur sphincter, à leurs aconties et à leur disque pédieux si développé. Après les *Sagartiadæ*, ce sont les *Paractidæ* les plus largement représentées dans les collections recueillies par la *Princesse-Alice*. Ces deux familles comprennent, à elles seules, plus des deux tiers de l'ensemble des espèces rapportées.

En certains points, la drague a ramené à la surface un grand nombre d'exemplaires de la même espèce. Ainsi, de la station 1096 (profondeur : 1440^m), il a été rapporté 83 exemplaires de *Chondractinia nodosa* Fabr. L'accumulation d'un nombre considérable d'Actinies de la même espèce peut tenir à des conditions favorables d'ambiance. En ce qui concerne les *Chondractinidæ*, qui présentent cette particularité, il faut rappeler que certains d'entre eux sont incubateurs, comme le *Chitonanthus incubans* Grav. ([2]) et que les larves plus ou moins évoluées se fixent normalement dans le voisinage de l'organisme maternel d'où elles proviennent; c'est ce qui a lieu chez l'*Actinia equina* L. que l'on trouve parfois en essaims

([1]) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 268.
([2]) *Bull. Inst. Océanogr.*, Monaco, 1918, n° 346.

nombreux sur nos côtes. D'autre part, chez les *Sagartia*, la division longitudinale et spécialement la lacération sont fréquentes et l'on peut se demander, avec Carlgren, si, chez ces animaux, la multiplication asexuée n'est pas, pour l'existence de l'espèce, un phénomène aussi important que la reproduction sexuée. Il y a là quelque chose de comparable à ce qui se passe chez les Madréporaires, où le bourgeonnement et la scissiparité intimement associés aboutissent à la formation de ces colonies de grandes dimensions qui peuvent se dissocier, chacun des fragments continuant son évolution comme la colonie-souche qui provient d'un individu sexué (¹). Parmi les exemplaires de *Sagartia sobolescens* Grav. (profondeur : 2165^m) recueillis par la *Princesse-Alice,* trois étaient en voie active de lacération.

De même que les Madréporaires, mais dans une moindre mesure peut-être, certaines Actinies peuvent vivre à des profondeurs très variées. Ainsi le *Bolocera longicornis* Carlgren a été trouvé à des profondeurs comprises entre 48^m et 1478^m. Le *Chondractinia nodosa* Fabr. a été dragué entre 22^m et 1458^m. Il faut mentionner, par contre, que certaines formes n'ont été capturées qu'à des profondeurs considérables; tel est le cas du *Chitonanthus abyssorum* Grav. récolté aux profondeurs de 4870^m, 4965^m et 5000^m.

Les Actinies abyssales sont trop peu connues actuellement pour qu'on puisse tenter d'esquisser, même à grands traits, leur distribution géographique. On sait néanmoins, dès maintenant, que l'aire de répartition de certaines espèces paraît être fort étendue. Ainsi, le *Bolocera longicornis* Carlgren a été recueilli dans l'Atlantique septentrional, de Tromsö aux Canaries, et d'après Wassilieff, sur les côtes du Japon également. Le genre *Corallimorphus* est répandu sur de vastes espaces sous-marins : dans les parties australes de l'océan Indien, dans le Pacifique, dans la région des Açores.

Sur nos côtes, les Actinies se nourrissent fréquemment de proies volumineuses par rapport à elles-mêmes, auxquelles elles s'attaquent avec succès, grâce surtout aux nématocystes dont leurs tentacules sont bourrés. Il en est de même pour beaucoup d'Actinies qui vivent dans les profondeurs sous-marines. Dans la cavité pharyngienne d'un *Adamsia Rondeletii* D. Ch. (profondeur : 140^m), j'ai trouvé un petit poisson dont la surface seule était altérée. Chez un *Chitonanthus indutus* Grav., une Ophiure était engagée dans la même cavité. Les Actinies qui vivent sur la vase à Globi-

(¹) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 772.

gérines sont souvent remplies de tests de ces Foraminifères; celles qui passent leur existence sur les boues diverses des grandes profondeurs se comportent de même. Cette boue, imprégnée de substances organiques en décomposition et provenant avant tout des cadavres des animaux qui évoluent à tous les niveaux de la nappe sous-marine, constitue la partie essentielle de la nourriture des êtres qui rampent sur le fond des océans.

Quand elles vivent en commensales, les Actinies recherchent de préférence les animaux rampants ou nageants : Mollusques, Crustacés, Méduses, Cténophores. Les collections provenant des croisières de la *Princesse-Alice* offrent deux nouveaux cas de commensalité avec des hôtes inattendus. Le *Thoracactis Topsenti* Grav. a comme hôte une Eponge Hexactinellide (*Sarostegia oculata* Topsent) qui héberge en même temps un Polychète (*Hermadion Fauveli* Grav.) (¹). D'autre part, le *Sicyopus commensalis* Grav. se fixe sur la face ventrale d'une Holothurie des grandes profondeurs (*Pseudostichopus villosus* Théel), au voisinage de la bouche de celle-ci.

Chez un exemplaire de *Chitonanthus indutus* Grav. (profondeur : 4360^{m}), j'ai observé un curieux cas accidentel d'asymétrie qui simule une symétrie heptamère. Au siphonoglyphe unique, correspond une paire de cloisons directrices. Entre celle-ci et la paire diamétralement opposée, il y a, d'un côté, deux paires de cloisons du premier cycle et, de l'autre, trois paires, soit, en tout, sept paires de cloisons du premier cycle. Il y a également sept paires de cloisons du second cycle et quatorze du troisième. Quant à la cause de cette asymétrie, qui intervient sûrement à un stade très précoce du développement, elle nous échappe complètement.

A 16 heures et quart l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 17 heures et quart.

A. Lx.

(¹) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 333.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES D'AOUT 1918 (*suite et fin*).

Esquisse géologique de la Martinique avec carte géologique, par JEAN GIRAUD. Hanoï-Haïphong, imprimerie d'Extrême-Orient, 1918; 1 fasc. 27cm.

Terremoto del año 1582 en Arequipa y erupción del volcán Omate en el año de 1600, por FERNANDO DE MONTESSUS DE BALLORE. Extracto de la *Revista chilena de historia y geografica*, t. XXIV, n. 28. Santiago de Chile, Imprenta universitaria, 1918; 1 fasc. 25cm.

The book of the Opening of the Rice Institute, being an account in three volumes of an academic festival held in celebration of the formal opening of the Rice Institute, a university of liberal and technical learning founded in the city of Houston, Texas, by William Marsh Rice and dedicated by him to the advancement of letters, science and art. Houston, Texas, U. S. A., s. d.; 3 vol. 26cm,5.

Yearbook of the United States department of agriculture, 1917. Washington, Government printing office, 1918; 1 vol. 23cm,5.

Annual report of the board of regents of the Smithsonian Institution for the year ending june 30, 1916. Washington, Government printing office, 1917; 1 vol. 23cm,5.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE SEPTEMBRE 1918.

Le développement du cerveau chez les singes, par R. ANTHONY. Extrait des *Annales des Sciences naturelles*, 10e série, 1916, II. Paris, Masson, s. d.; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

Observation des orages de 1917 *dans les départements de la Gironde et partie de la Dordogne. Expérience des paragrèles électriques, résultats déduits des observations de* 1912 *à* 1917. Extrait du *Bulletin de la Commission météorologique de la Gironde* (année 1917). Bordeaux, Gounouilhou, 1918; 1 fasc. 24cm. (Présenté par M. Violle.)

Production des légumes, par GEORGES TRUFFAUT. Versailles, Georges Truffaut, 1918; 1 vol. 23cm,5. (Présenté par M. Maquenne.)

An introductory treatise on dynamical astronomy, by H.-C. PLUMMER. Cambridge, Universty Press, 1918; 1 vol. 27cm.

Introduction à l'étude des alliages, par WITOLD BRONIEWSKI. Préface de HENRI LE CHATELIER. Paris, Delagrave, 1918; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Le Chatelier.)

La tenue scientifique de la maison, par Mistress CHRISTINE FREDERICK, avec une préface et une conclusion de M. HENRY LE CHATELIER. Paris, Dunod et Pinat, 1918; 1 fasc. 23cm. (Présenté par M. Le Chatelier.)

Les fours électriques de laboratoires, par JEAN ESCARD. Paris, Dunod et Pinat, 1917; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. Branly.)

Ministère de la Guerre. Génie. Établissement central de la radiotélégraphie militaire. *Oscillographe cathodique Dufour pour haute fréquence, enregistrement et étude de courants de télégraphie sans fil.* Paris, Adrien Maréchal, 1918; 1 fasc. 31cm,5. (Présenté par M. J. Violle.)

Un acte de vandalisme dans le département du Loiret en l'an II : mutilation de la pyramide indicatrice de la méridienne de France, élevée en 1748, *sur la route d'Orléans à Paris par Fontainebleau; sa restauration par le Service des ponts et chaussées*, par JACQUES LOYER. Extrait des *Bulletins de la Société archéologique et historique de l'Orléanais*, tome 18. Orléans, 1918; 1 fasc. 25cm.

Reflexiones acerca de la resolucion de las ecuaciones algébricas numéricas por el método de Graffe, por VICENTE VENTOSA. Madrid, Imprenta clasica española, 1917; 1 fasc. 25cm.

Annuaire général de l'Indo-Chine, 1918. Hanoï-Haïphong, Imprimerie d'Extrême-Orient, 1918; 1 vol. 27cm.

ERRATA.

(Séance du 7 octobre 1918.)

Note de M. *C. Camichel*, Sur les grandes vitesses de l'eau dans les conduites :

Page 526, ligne 6, *ajouter :* La température moyenne de l'eau pendant les expériences était 28° C.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 NOVEMBRE 1918.

PRÉSIDENCE DE M. P. PAINLEVÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

A 14 heures et demie, l'Académie se forme en comité secret.

La séance publique est ouverte à 15 heures.

MM. les Secrétaires perpétuels communiquent la réponse qu'ils ont faite aux Membres et Correspondants de l'Institut, de l'Académie de Médecine et de l'Académie d'Agriculture, habitant Lille, dont la lettre a été lue à la dernière séance et publiée dans le dernier numéro des *Comptes rendus :*

Chers Collègues,

L'Académie a appris avec une vive émotion les actes abominables que vous dénoncez dans votre lettre. Elle partage votre indignation, et vous félicite du courage stoïque avec lequel vous avez supporté les longues et dures épreuves de l'occupation ennemie. De telles atrocités mettent pour longtemps l'Allemagne au ban des nations civilisées. Nous sommes entièrement d'accord avec vous en ce qui concerne les futures relations internationales. Dès le 30 septembre dernier, l'Académie émettait à ce sujet une série de vœux, parmi lesquels nous relevons le suivant :

« Les Gouvernements des pays alliés s'abstiendront d'envoyer des délégués à toute réunion internationale, où devraient figurer des représentants des Empires du Centre.

» Il est désirable que les nationaux des pays de l'Entente adoptent la même ligne de conduite, et ne prennent part à aucune entreprise, où collaboreraient des nationaux de ces Empires. »

Le mouvement d'indignation contre les crimes allemands n'est pas spécial aux savants français. Vous trouverez dans les *Comptes rendus* du 21 octobre les résolutions prises par la Conférence interalliée des Académies scientifiques, qui s'est réunie à Londres les 9, 10 et 11 octobre. Elles donneront satisfaction au ressentiment que vous nous exprimez; il est partagé par tous ceux qui pensent que des réparations et des expiations sont nécessaires pour des forfaits plus odieux que ceux qu'a connus l'humanité dans les temps les plus barbares.

Veuillez agréer, chers Collègues, l'expression de l'affectueuse sympathie de l'Académie.

ÉMILE PICARD, ALFRED LACROIX.

A MM. PARENTY, LAGUESSE, Dr DURET, AIMÉ WITZ et A. CALMETTE, à Lille.

GÉOLOGIE. — *La brèche de Salles et de Sère-Argelès.* Note (¹) de M. **H. DOUVILLÉ.**

Dans une Communication précédente j'ai étudié la structure du Pic de Gez, qui termine à l'Est la chaîne intermédiaire entre la vallée du Bergons et celle du Gave d'Azun. Un peu plus à l'Ouest, au nord du village d'Arras, cette chaîne présente un lambeau étroit de calcaire à Hippurites, qui se prolonge jusqu'au Pic de Bazès. On sait que ces couches se sont déposées directement sur le terrain paléozoïque, comme aux Eaux Chaudes et à Gavarnie. Il faut conclure de ces trois observations que le noyau paléozoïque des Pyrénées est resté émergé pendant toute la période secondaire, tandis qu'au Nord la mer pénétrait dans le géosynclinal nord-pyrénéen et y déposait successivement le Trias, le Jurassique et le Crétacé. Or actuellement ces couches se prolongent au Sud jusqu'à environ 2^{km} du Pic de Bazès, qui, comme je viens de le dire, marque la position de la terre ferme à cette époque. On devrait s'attendre dès lors à voir affleurer des couches littorales, sables ou poudingues, avec la faune habituelle des Mol-

(¹) Séance du 28 octobre 1918.

lusques et des Polypiers vivant près des rivages. Or, il n'en est rien, le Jurassique est représenté par des couches puissantes de calcaires et de dolomies à peu près sans fossiles et dans le Crétacé inférieur les schistes ardoisiers à Ammonites sont largement développés; toutes ces couches sont des dépôts d'une mer relativement profonde et en tous cas éloignés du rivage; elles ne sont donc pas dans leur position primitive, elles sont charriées comme l'a très bien mis en évidence M. Léon Bertrand, et ce charriage les a rapprochées du rivage. Mais celui-ci était au Sud, le charriage s'est donc effectué du Nord vers le Sud, comme aux Eaux Bonnes et à Gavarnie et non du Sud au Nord comme le pensait notre confrère.

Le contact de cette nappe charriée avec son substratum est particulièrement intéressant à étudier au nord d'Argelès.

Si l'on suit la route de Gez à Sère, on recoupe d'abord les schistes du Dévonien inférieur qui forment le soubassement du Pic de Gez; on rencontre ensuite un petit lambeau de Trias (non marqué sur la carte géologique) réprésenté par des calcaires jaune chamois avec intercalation d'une couche de calcaire blanc, ces couches plongeant vers le Sud. L'ophite affleure immédiatement après et peut être suivie jusqu'au village de Sère. Dans le village lui-même la carte n'indique que du Glaciaire, mais en réalité les ruines du vieux château et la curieuse petite église romane s'élèvent sur une plate-forme rocheuse, qui se prolonge en forme d'éperon sous les dernières maisons au sud-est du village. La roche est constituée par une brèche à grands éléments, formée d'un calcaire gris ou brun dans lequel on distingue des fragments de schistes et de dolomies noires et grises, associés à un calcaire jaunâtre plus ou moins foncé.

De l'autre côté du torrent, on voit se dresser une butte boisée, isolée et couronnée par un escarpement rocheux. Elle est constituée par une succession de plusieurs gros bancs presque verticaux d'une brèche analogue à la précédente. Le premier banc au Sud est de couleur foncée comme celui de Sère, mais le banc principal au milieu de la butte est de couleur beaucoup plus claire par suite de la prédominance d'un élément formé de calcaire gris clair ou blanc jaunâtre. Ce banc a été l'objet d'une tentative d'exploitation pour marbre brèche et une petite carrière y a été ouverte, immédiatement au sud du sommet; il est là à découvert sur une face verticale d'une dizaine de mètres : sur le fond clair de la roche on voit toujours se détacher de nombreux fragments ordinairement jaunes, mais quelquefois rouges, associés à des roches verdâtres et à des dolomies noires beaucoup plus rares. Au sommet les éléments colorés deviennent moins nombreux et sur le versant nord les blocs qui affleurent sont presque

formés seulement de calcaire blanc. A l'ouest de la carrière on observe des lits schisteux venant s'intercaler entre les bancs de la brèche.

Plus au Nord la roche affleure sur le vieux chemin jusqu'aux premières maisons de Salles; la surface est bien décapée et l'on voit nettement les schistes alterner régulièrement avec des couches de brèche d'épaisseur variable, mais dans lesquelles l'élément jaune est toujours bien visible. Par places la brèche renferme aussi des fragments de schistes et de calcaires violacés; c'est probablement la présence de ces roches et des calcaires blancs du versant nord de la butte qui explique l'attribution de cette butte, sur la carte géologique, au Dévonien supérieur. Quoi qu'il en soit, le système des brèches depuis le village de Sère jusqu'aux premières maisons de Salles, atteint une épaisseur de plus de 500^{m}. Immédiatement au Nord, le sol s'élève rapidement sur les affleurements du Jurassique inférieur.

Un autre affleurement de brèches avait été signalé précédemment dans la région, sur la rive droite du Gave de Pau, au nord du village de Boo. J'avais eu l'occasion de le visiter avec la Société géologique, lors de la réunion extraordinaire de 1906; j'ai été l'examiner à nouveau : il est constitué par une série de bancs de brèches ou de conglomérats, d'épaisseurs très variables, depuis quelques centimètres jusqu'à plusieurs mètres, alternant régulièrement avec des schistes, les deux éléments présentant souvent une texture glanduleuse. La brèche elle-même est un calcaire gris foncé aux fragments plus ou moins nombreux de dolomie noire et de calcaires jaunes; elle ressemble beaucoup à la brèche de Sère.

Mon confrère et ami, J. de Lapparent, a bien voulu venir examiner avec moi comparativement les deux gisements et il nous a paru qu'ils appartenaient à une même formation. Il se propose du reste d'en faire une étude détaillée.

Lors de la réunion de 1906, les géologues avaient émis des opinions différentes au sujet de l'âge de la brèche de Boo : pour Carez, c'était la base des terrains secondaires, tandis que Bresson attribuant avec raison, semble-t-il, au Jurassique les fragments de dolomie noire qu'elle contient, en concluait qu'elle était d'âge crétacé. En outre, on avait paru d'accord pour attribuer au Trias une couche schisteuse rouge, intercalée au milieu de l'affleurement; elle devait alors représenter l'axe d'un anticlinal, et c'est ainsi en effet que la coupe a été figurée dans le compte rendu de l'excursion (¹). Il nous a paru que cette coloration rouge, superficielle et affectant

(¹) *Bull. Soc. géol. de France*, 4e série, t. VI, p. 793, fig. 2, et p. 795 (Réunion extraordinaire dans les Pyrénées occidentales).

seulement quelques enduits schisteux, était purement accidentelle et qu'elle ne suffisait pas pour reconnaître le Trias dans cette assise dont certains éléments du reste étaient encore bréchiformes. En outre les assises ne se répétent pas des deux côtés de la couche rouge, et elles paraissent bien ne former qu'une seule série continue.

Quant à la détermination de l'âge à attribuer à ce système de brèches, il est facile de voir que les fragments de dolomie noire, signalés par Bresson, ne sont pas les seuls éléments qui proviennent des couches jurassiques. J'ai déjà indiqué comme caractéristique de ces brèches un calcaire fortement coloré en brun, en jaune ou même en rouge; sa cassure est tantôt subcristalline, tantôt mate, quelquefois même presque terreuse. On ne connaît rien d'analogue dans les terrains paléozoïques de la région, tandis que des roches semblables ne sont pas rares dans le Trias ou dans le Jurassique. L'attribution faite par Bresson de ces couches au terrain crétacé se trouve ainsi confirmée; un hasard heureux m'a permis de préciser leur âge exact.

Dans ma première excursion à la butte de Salles, j'étais accompagné par ma belle-fille, M[me] Robert Douvillé; elle recueillit, dans les déblais de la carrière du haut, un morceau de calcaire gris clair sur lequel on distinguait un fragment de fossiles montrant des cloisons radiantes; je l'avais pris à première vue pour un fragment de Polypier et, n'y attachant pas grande importance, je l'avais simplement mis de côté pour le soumettre, à mon retour à Paris, à mon ami G. Dolfus, particulièrement compétent pour ce groupe de fossiles. C'est ce que j'ai fait, mais le résultat de son examen a été une surprise, ce n'était pas un Polypier, mais un Rudiste, une Caprine! C'était parfaitement exact, c'était même la *C. adversa,* qui comme on le sait est caractéristique du Cénomanien. C'est donc à ce niveau qu'il faut attribuer tout au moins les couches supérieures de la brèche; et nous devrons ainsi rapprocher cette formation des brèches cénomaniennes si développées dans les Pyrénées.

L'existence d'une lame de Cénomanien entre le Trias et le Jurassique inférieur introduit ici un élément nouveau; comment, dans ces conditions, interpréter la coupe, au nord d'Argelès?

On peut admettre que le Trias et l'Ophite, qui lui est si souvent associée, ont recouvert directement la surface arasée du Paléozoïque; rien n'empêche également d'admettre que le Cénomanien si habituellement transgressif, ne se soit déposé directement sur les couches précédentes. Cet ensemble représenterait alors la nappe A de Léon Bertrand, « en place, dit-il, par rapport au Primaire de la zone centrale ». Quant aux couches du Jurassique

et du Crétacé inférieur, elles font sûrement partie de la nappe B de notre confrère, lui-même les y a placées, seulement cette nappe ou cette portion de nappe serait charriée du Nord vers le Sud.

On voit dans ces conclusions que le mot de *nappe* est pris dans des acceptions bien différentes, puisqu'il est même appliqué à un système de couches en place. En réalité, même dans le second cas, ces nappes des Pyrénées semblent bien différentes de celles que Marcel Bertrand nous a fait connaître en Provence; pour lui les nappes représentent des plis couchés et étirés, et il insiste d'une manière particulière sur l'existence d'un flanc renversé et étiré; c'est là leur caractère essentiel. Or, dans les Pyrénées occidentales, ce caractère semble faire défaut; on n'observe guère que des lambeaux de poussée avec un rebroussement plus ou moins accentué de leur partie terminale. C'est la structure qui, dans le Mémoire fondamental de Marcel Bertrand (p. 230), et d'après A. Heim et de Margerie, a été distinguée comme *imbriquée* ou *écailleuse*. Le nom d'*écaille* semblerait donc mieux s'appliquer que celui de *nappe* aux lambeaux de charriage des Pyrénées occidentales que nous avons cités, et il faudrait comparer cette structure plutôt à celle de la chaîne calédonienne où les couches renversées font également défaut. Il semble que ce rapprochement permettrait d'expliquer bien des anomalies encore obscures de la chaîne pyrénéenne.

M. **Bouvier** fait hommage à l'Académie d'un volume intitulé : *La vie psychique des Insectes*, qu'il vient de faire paraître dans la Bibliothèque de Philosophie scientifique du Dr Gustave Le Bon. Les idées essentielles et les conclusions de ce livre sont les suivantes :

Il n'est pas douteux que les Articulés, surtout les Insectes, aux termes les plus élevés de leur évolution psychique, semblent se rapprocher de nous et se livrent à des activités qu'on pourrait croire humaines. Pour expliquer ce fait et l'interpréter, l'auteur établit que le caractère dominateur de l'évolution psychique des Articulés est la transformation rapide et facile des actes intelligents en habitudes et de ces habitudes en actes automatiques héréditaires. Grâce à cette faculté, ces animaux ont pu enrichir par des voies intelligentes leur patrimoine instinctif, qui est réduit aux phénomènes purement mécaniques des tropismes et des rythmes chez les êtres vivants où le système nerveux n'est pas différencié. Ainsi alimentés par des sources intelligentes, les instincts des Articulés ont pu acquérir un développement merveilleux qui ne cesse pas de s'accroître : avec une intel-

ligence que possèdent seulement quelques Singes, l'*Ammophila urnaria* se sert parfois d'un outil (petit caillou) pour damer le sable qui ferme son gîte; cet acte intelligent pourra devenir instinctif comme celui des Fourmis qui emploient leurs larves en manière de navettes à fils pour rapprocher bords à bords les feuilles de leur nid.

Après avoir exposé les règles de cette évolution spéciale ([1]) et appliqué ces règles à quelques exemples (rapports des Insectes et des fleurs, retour au nid, origine des sexes chez les Hyménoptères, formation des sociétés d'Insectes), M. Bouvier conclut en disant que les Articulés, au contraire de l'Homme, accomplissent leurs actes les plus merveilleux sous l'impulsion des instincts, que l'intelligence leur permet d'adapter ces actes aux conditions de l'entourage et, qu'en somme, jamais ces animaux « ne s'éloignent autant de nous que lorsqu'ils paraissent davantage nous ressembler ».

THERMODYNAMIQUE. — *Genèse d'une agitation cartésienne dans un jet de vapeur dont la vitesse se limite à la vitesse du son.* Note de M. H. PARENTY.

Le sondage d'un jet de vapeur ([2]) dont la pression critique

$$p_L = \left(1 - \frac{a}{m}\right) p_0$$

est comprise entre la pression p_0 du collecteur et la contre-pression p_1 du milieu aval, m'a révélé dans l'effluent qui s'avance à la vitesse du son U_S, une onde dont l'énergie correspond à l'abaissement $p_L - p_1$, et qui remontant le courant à la vitesse $-U_S$, nous apparaît immobile.

a. Descartes prétendait ([3]) qu'une limitation de la vitesse des corps,

---

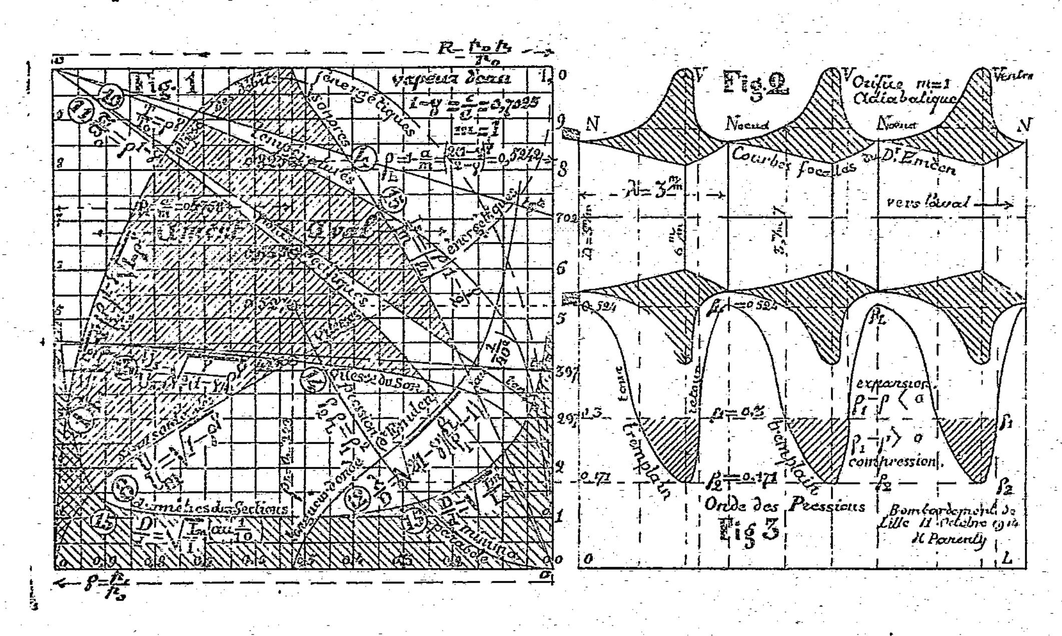
([1]) Dans un chapitre spécial, l'auteur a suivi cette évolution chez les Pompilides, qui sont des Hyménoptères paralysants chasseurs d'Araignées. Il regrette de n'avoir pas signalé à ce sujet les travaux écrits en suédois de M. Adlerz qui a vu les Céropales pondre sur la victime. Ces travaux lui ont été résumés par M. Ferton.

([2]) H. PARENTY, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1973; t. 159, 1914, p. 357; t. 116, 1893, p. 183; *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. 8, mai 1896; t. 12, novembre 1897.

([3]) CLERSELIER, *Lettres de Descartes*, 1re édition, vol. 2, lettre 40, p. 236, ligne 13; lettre 48, p. 270; lettre 58, p. 705; lettre 61, p. 312. Paris, 28 mai 1659. Henri Legras et Charles Angot. Je *souligne* les expressions de Descartes.

appropriée à leurs *solidités* respectives, produit une vibration. La matière *transparente*, en ses déplacements rapides, entraîne d'après lui la matière *obscure*, mais elle ne peut lui communiquer sa vitesse tout entière, et la *quantité de mouvement* apparemment perdue se fait *agitation*. Une portion de la *force de se mouvoir*, devient *puissance de se mouvoir*.

b. Ainsi nous avons vu les vitesses d'un jet, se heurter sur les diverses trajectoires, à une limite U_S appropriée à l'élasticité, à la température de sa matière. Le *tour et retour*, dû aux réactions expansive puis compressive du milieu ambiant, se produit dès que la pression p_1 de ce milieu est inférieure à la pression p_L du jet, qui alors s'épanouit en nappe autour d'un ventre



ovoïde, stratifié de p_L à p_1. *Sed non talis est quies*, car le maintien de la même vitesse U_S libère toute l'énergie de cette première phase expansive, et conduit les couches profondes du ventre à une pression p_2 plus basse que p_1. Cette deuxième phase, compressive, arme le tremplin qui fera *rejaillir* ensuite p_2 jusqu'à p_L et p_0. Le courant entraîne d'ailleurs le *centre* p_2 sur l'axe, au delà du milieu de son *onde*. Telle une vague de la mer accostant le rivage, descend déclive de l'amont et se relève accore vers l'aval (*fig*. 3). Je vois ici le *tremblement* d'un coup de bélier, qui produit la *rupture* d'une

Rapports à leurs maxima des grandeurs qui règnent sur les surfaces de niveau d'un jet de vapeur régularisé $\left(\rho = \frac{p}{p_0}\ \textit{abscisse}\right)$ (voir figure ci-contre).

$$1-\gamma = \frac{c}{C} = 0,7025;$$

$$\text{Rapport-limite : } \rho_L = 1 - \frac{a}{m} = \left[\frac{2(1-\gamma)}{2-\gamma}\right]^{\frac{1}{\gamma}} = 0,5252.$$

Ordonnées.	Amont du col $\rho > \rho_L$.	Col $\rho = \rho_L$.	Aval du col $\rho < \rho_L$.
I.......	(1) $\frac{I}{I_m} = \sqrt{2-\gamma}\left(\frac{\rho}{\rho_L}\right)^{1-\gamma}\sqrt{1-\rho^\gamma}$	maximum $= 1$	(15) $\frac{I_s}{I_m} = \left(\frac{\rho}{\rho_L}\right)^{1-\frac{\gamma}{2}}$
U.......	(8) $\frac{U}{U_m} = \sqrt{1-\rho^\gamma}$ U_m correspond à $\rho = 0$	inflexion U_s	(13) $\frac{U_s}{U_m} = \sqrt{\frac{\gamma}{2(1-\gamma)}\rho^\gamma}$
D.......	(15) $\frac{D}{d} = \sqrt{\frac{I_m}{I}}$	minimum : col	(15) $\frac{D}{d} = \sqrt{\frac{I_m}{I_s}}$
T.......	(10) $\frac{T}{T_0} = \rho^\gamma$	(11) $\frac{\varpi}{\varpi_0} = \rho^{1-\gamma}$ (ϖ poids spécifique)	d'où $\frac{\varpi T}{\varpi_0 T_0} = \rho$ (lois de Mariotte et de Gay-Lussac)
p_2.......	(14) $\rho_2\rho_L = \rho_1^2$ (parabole) ou	(14) $\rho_2 : \rho_1 : \rho_L$ (proportion géométrique)	
$\frac{\lambda}{d}$.......	(12) $\frac{\lambda}{d} = \sqrt{2(1-\gamma)\left(\frac{\rho_L}{\rho_1} - 1\right)}$	(parabole Emden généralisée par moi)	

I, débits par unité de surface; U, vitesses; D, diamètres des sections; T, températures; p_2, œil du cyclone; $\frac{\lambda}{d}$, rapport de la longueur d'onde au diamètre.

colonne liquide, et résulte d'un désaccord intermittent entre les vitesses d'entrée et de sortie de l'eau des conduites, d'une limitation de vitesses.

c. Pour évaluer p_2, j'en fais l'origine d'une onde remontant le courant (à vitesse pleine ou réduite suivant le rapport de p_1 à p_L), jusqu'à p_1 où elle doit avoir absorbé l'énergie due à la perte de vitesse de l'onde directe. Le carré de la vitesse énergétique engendrée par la dépression $p_1 - p_2$, égale

ainsi la différence des carrés des vitesses énergétique et sonore en p_1 :

$$(13)\quad \left[1-\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^\gamma\right]=\left[1-\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^\gamma\right]-\left[\frac{\gamma}{2(1-\gamma)}\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^\gamma\right] \quad \text{ou} \quad (14)\quad \frac{p_2}{p_1}=\frac{p_1}{p_L},$$

$p_2 : p_1 : p_L$ progressent géométriquement. Tous mes sondages révèlent sur l'axe des jets un point où la vapeur se détend à p_2. C'est l'*œil* du cyclone.

d. J'isole sur l'axe la trajectoire d'une petite masse que je prends pour unité et dont ainsi le volume v est le volume spécifique, et pour résumer mes précédentes lectures, je groupe (*fig*. 1) les courbes en $\rho=\frac{p}{p_0}$ du rapport à leurs maxima respectifs des grandeurs qui règnent sur les sections successives de cette trajectoire en régime permanent adiabatique.

e. Les surfaces de *niveau* inverses du débit unitaire ϖU (15), croissent comme la dérivée en ρ de la vitesse (16). La figure 2 les suppose planes :

$$(15)\qquad \Sigma\sqrt{\frac{2-\gamma}{\gamma}}\left(\frac{\rho}{\rho_L}\right)^{1-\gamma}\sqrt{1-\rho^\gamma}=\sigma.1=\Sigma\left(\frac{\rho}{\rho_L}\right)^{1-\frac{\gamma}{2}},$$

$$(16)\qquad \frac{\Sigma\,(\text{amont})}{\left[-2\sqrt{\frac{1}{\gamma(2-\gamma)}}\rho_L^{1-\gamma}\right]\frac{dU}{d\rho}}=\frac{\sigma}{1}=\frac{\Sigma\,(\text{aval})}{\left(2\sqrt{\frac{2-\gamma}{\gamma^3}}\rho_L{}^{1-\frac{\gamma}{2}}\right)\frac{dU_s}{d\rho}};$$

ce sont là corollaires du théorème des forces vives $k\,d(U^2)+v\,dp=0$.

f. Les surfaces de *force* sur lesquelles la réaction de la pression extérieure p_1 se *propage* obliquement jusqu'à l'axe, en un temps proportionnel au rayon, dépendent de a, de m, de d et de ρ_1. Elles constituent les *clivages* de l'onde *stationnaire* et déterminent sa longueur λ et sa durée θ. J'ai décrit ici l'enveloppe flexible du jet dont les nappes continues prennent la vitesse du son, dont les reliefs discontinus engendrent la vibration. L'analyse de ce mécanisme offre une complexité redoutable ; mais il apparaît en gros que le retour sur l'axe, des réseaux ovoïdes qui en ont divergé pour $\rho_1 \gtreqless \rho_L$, est rejeté vers l'infini quand ρ_1 s'abaisse vers 0.

La parabole 12 traduit cette dépendance des rapports : x des pressions extrêmes p_0 et p_1, inverse de ρ_1, et y de l'intervalle λ au diamètre d des nœuds.

g. En tous les points de la trajectoire de l'unité de masse : $v=U\Sigma$

et $dv = U\,d\Sigma = \Sigma\,dU$; d'où en attribuant aux différences des valeurs finies correspondant à un temps fort petit dont je fais l'unité :

$$(17)\qquad \frac{\delta U}{U} = \frac{\delta v}{v} - \frac{\delta \Sigma}{\Sigma} = \frac{\delta l}{l} = \Delta;$$

$$(18)\qquad \delta U = U\Delta.$$

Le taux d'augmentation de la vitesse est donc toujours égal à la dilatation axiale Δ. Mes expériences constatent que tous deux s'évanouissent nettement sur un col où règne la vitesse du son U_S, et où la dilatation transversale s'annule et va changer de signe, en raison du minimum σ de Σ. La dilatation axiale Δ disparaît au point où elle deviendrait inférieure à la dilatation cubique. L'*expansion* des gaz d'un jet se limite au même moment où se détruit la *cohésion* des solides soumis brusquement à un effort longitudinal, aux abords d'un rétrécissement dont l'apparition précède et caractérise leur rupture, et cela dès que l'effort communique à son point d'application un accroissement de vitesse

$$(18)\qquad \delta U = U_S \Delta_L$$

ou

$$(19)\qquad U = U_S \Delta_L,$$

Δ_L est encore ici la dilatation nécessaire pour déterminer une striction.

h. L'expansion et la cohésion des deux matières expirent sur cette condition qu'avant moi M. Boussinesq [1] a mise à la *rupture* des solides. J'observerai qu'elle est alors évidente, car le parallèle de tête d'un demi-cylindre indéfini prendra sous un effort axial un accroissement δU de sa vitesse de translation égal à l'allongement du segment sur lequel cet effort a pu se propager pendant l'unité de temps. La longueur de ce segment est par définition la vitesse de propagation U_S et doit être multipliée par la dilatation unitaire Δ. Si l'on part du repos, δU est la vitesse (19).

i. J'ai relevé l'image d'un sablier dans les fragments d'un cylindre solide rompu à la compression, dans les focales de réfraction d'un jet gazeux régularisé à l'expansion; et le réseau hélicoïdal révélé par mes travaux sur la

---

[1] J. Boussinesq, *Comptes rendus*, t. 113, 1891, p. 493.

vapeur, et peu après par ceux de M. L. Hartmann sur les métaux ([1]), traduit à la surface des deux corps, le coefficient m de leur débit, l'orientation spécifique α de leur matière. Tout est ici *figure et mouvement*.

j. L'onde observée dans les deux *tourbillons* d'air d'un projectile de vitesse $U > U_S$, traduit une limitation de vitesse. L'un se condense et sa chaleur élève son U_S à U; l'autre s'étire et ses segments jalonnent le sillage. Cette *comète* a son *noyau*, sa *chevelure* et sa *queue*.

k. Descartes, décrivant la *naissance du monde*, espérait y comprendre la plus grande partie de la *Physique* ([2]). Toutefois, disait-il, Dieu s'est donné de garde de simplifier ses lois, pour les accommoder à notre *entendement*. Or il n'est si petits tourbillons, et si distants, qui ne réagissent quelque peu l'un sur l'autre par l'entremise de ceux qui les séparent ([3]).

l. Notre jet de vapeur avec ses cyclones et anticyclones, ses nappes concentriques animées de vitesses variables, où les trajectoires gauches se croisent en d'innombrables réseaux, fournit une image de l'*enchevêtrement* indélébile qui engendrera des corps. Car, enseigne Descartes bien avant Helmholtz, la matière du tourbillon ne se maintient pas moins dans ses limites que si elle était entourée d'un mur d'airain ([4]). Mes expériences permettraient de dire avec plus de rigueur, entourée d'une gaine souple et imperméable, obéissant à la pression du milieu extérieur et n'y laissant passer substance ni chaleur. Cela ressort de l'équidistante succession des nœuds et des ventres de l'axe et des concamérations de la surface, de l'orientation permanente des trajectoires, en un mot de la conservation de vibrations identiques, segmentées entre elles comme les perles d'un collier. Et vienne la rencontre d'un tourbillon plus puissant, le fil est coupé, les perles roulent sur les nappes dont la vitesse a pu résister à leur *solidité*, ou bien ricochent comme un boulet sur l'eau, vont frôler d'autres tourbillons et deviennent des comètes dont on prédira le retour, quand on connaîtra bien ces tourbillons ([5]).

([1]) H. Parenty, *Comptes rendus*, t. 118, 1894, p. 160. — L. Hartmann, *Ibid.*, p. 520 et 738.

([2]) *Lettres de Descartes*, vol. 2, lettre 24, p. 164, ligne 2.

([3]) Descartes, *Les principes de la Philosophie*, 3e Partie : Du Ciel.

([4]) *Lettres de Descartes*, vol. 2, lettre 14, p. 107, ligne 26.

([5]) *Ibid.*, vol. 2, lettre 13, p. 87, ligne 2.

m. Sur cette cosmogonie plane encore l'idée, *claire et distincte*, d'une limitation de la vitesse des corps. Un tourbillon peut attirer d'autres tourbillons, les *asservir ;* et telle est l'origine du tourbillon solaire avec son cortège de planètes, accompagnées de leurs satellites.

Chaque grand corps repose immobile en son ciel, mais ce ciel lui-même se déplace et l'entraîne en un double mouvement orbiculaire et rotatif. La nappe du tourbillon où l'astre est *descendu*, s'est arrêté en raison de sa *solidité*, se meut *plus vite* que lui ; et de même la différence de vitesse des deux nappes contiguës qui l'enserrent, est supérieure à sa rotation, qui disparaît sur une nappe de vitesse maxima où le satellite se répand en anneau. Au delà de cette nappe, le sens de la rotation rétrograde. Cette double limitation des vitesses de révolution et de rotation produit une double *puissance de se mouvoir*, une double *agitation*. Le navire se *balance* sur l'océan, et ce balancement c'est l'*aimant terrestre* (1).

HYGIÈNE ALIMENTAIRE. — *Sur l'altération rapide des huiles de palme.* Note (2) de M. **Balland.**

L'huile de palme obtenue en exprimant la partie charnue du fruit de l'Elaeis de Guinée (*Elaeis guineensis*) est utilisée par les nègres, depuis les temps les plus lointains. Elle entre dans les ordinaires de nos Sénégalais.

Les échantillons dont il est question dans cette Note ont été prélevés à Bordeaux, en 1917, au magasin des vivres des troupes coloniales, à la suite de réclamations présentées par quelques régiments.

1. Échantillon prélevé à Bordeaux, le 11 mai 1917, sur un lot expédié de Marseille le 30 janvier 1917.

2. Échantillon prélevé le 11 mai sur un lot de 98 quintaux, expédié de Marseille le 27 février.

3. Échantillon prélevé le 11 mai sur un lot de 99 quintaux, expédié de Marseille le 18 mars.

---

(1) H. Parenty, *Les tourbillons de Descartes et la Science moderne*, p. 213 (Paris, 1903, Honoré Champion). — Thomas, *Éloge de Descartes à l'Académie française*.— E. Belot, *Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 937. — *Essai de Cosmographie tourbillonnaire*, Paris, 1907.

(2) Séance du 28 octobre 1918.

Les analyses faites le 25 mai ont donné :

	1.	2.	3.
Matières grasses	96,0	98,7	99,0
Impuretés	4,0	1,3	1,0
	100,0	100,0	100,0
Acides gras libres, en acide oléique	61,2	19,4	8,3

Ces huiles, de couleur jaune tirant sur l'orange, sont manifestement rances. Le rancissement a continué depuis et les acides gras se sont élevés jusqu'à 75 pour 100.

Il est admis que l'acidité des huiles comestibles ne doit pas dépasser 1 pour 100, proportion que n'atteignent pas les huiles d'olive même très anciennes.

Les huiles critiquées sont impropres à l'alimentation, mais peuvent être avantageusement utilisées par les fabriques de bougies ou de savons.

Les huiles de palme destinées aux troupes coloniales doivent être consommées peu de temps après leur préparation, car elles éprouvent une sorte de saponification spontanée qui, après quelques mois, ne permet plus de les employer aux usages culinaires.

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la désignation de six de ses membres, savoir : deux membres de la division des sciences mathématiques, deux membres de la division des sciences physiques et deux académiciens libres, qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, formeront la commission chargée de présenter une liste de candidats à la place vacante, dans la division des académiciens libres, par le décès de M. *Léon Labbé*.

MM. **Émile Picard**, **H. Deslandres**; **A. Laveran**, **A. Lacroix**; **de Freycinet**, **J. Carpentier** réunissent la majorité absolue des suffrages.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un correspondant pour la section de géographie et navigation, en remplacement de Lord *Brassey*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 47,

Sir **Philip Watts** réunit l'unanimité des suffrages exprimés.

CORRESPONDANCE.

M. **J. Renaud** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes parmi les académiciens libres.

M. le directeur de l'**École nationale vétérinaire d'Alfort** adresse un rapport sur l'emploi qui a été fait de la subvention accordée à cet établissement sur la *fondation Loutreuil* en 1916.

MM. **Paul Barbarin**, **H. Cardot** et **Henri Laugier**, **Devillers**, **R. Ledoux-Lebard**, **Arthur Smith Woodward** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les caractéristiques des équations aux dérivées partielles du second ordre*. Note de M. **E. Gau**.

Soit une équation du second ordre

$$r + f(x, y, z, p, q, s, t) = 0 \qquad (1)$$

et appelons m_1 et m_2 les racines, supposées distinctes, de l'équation du

second degré

$$M^2 - \frac{\partial f}{\partial s} M + \frac{\partial f}{\partial t} = 0$$

qui correspondent aux deux systèmes de caractéristiques (I) et (II) de l'équation (1).

Soit

$$u(x, y, z, p_{1,0}, p_{0,1}, \ldots, p_{1,n-1}, p_{0,n})$$

une fonction de x, y, z et des dérivées

$$p_{i,k} = \frac{\partial^{i+k} z}{\partial x^i \, \partial y^k},$$

où l'on n'a laissé subsister parmi ces dérivées que celles pour lesquelles l'indice i est égal à 0 ou 1, les valeurs des autres se déduisant de celles-ci au moyen de l'équation (1).

La condition pour que l'expression $u(dy - m_2\,dx)$ soit une différentielle exacte s'écrit

$$(2) \qquad \frac{du}{dx} + m_2 \frac{du}{dy} = -u \frac{dm_2}{dy}.$$

Il est évident que cette relation ne peut pas être vérifiée identiquement quel que soit z, mais il peut se faire qu'elle le soit lorsqu'on tient compte de l'équation (1) et de celles qu'on en déduit par dérivations, la fonction u étant convenablement choisie.

Dans ce cas, il est clair que sur toute surface intégrale (S) de l'équation (1), non intégrale de $u = 0$ ou $\frac{1}{u} = 0$, les caractéristiques du système (II) s'obtiendront par l'intégration d'une équation aux différentielles totales ordinaire à deux variables indépendantes, c'est-à-dire par deux quadratures.

L'équation (2) définit donc les fonctions u qui sont des facteurs intégrants de l'expression $(dy - m_2\,dx)$ sur toute surface intégrale. Or les équations de cette forme (2) se rencontrent également dans la recherche des équations en involution avec l'équation (1), pour le système (II) de caractéristiques; si, en effet,

$$(3) \qquad \varphi = p_{1,k-1} + m_1 p_{0,n} + \alpha(x, y, z, p_{1,0}, p_{0,1}, \ldots, p_{1,k-2}, p_{0,k-1}) = 0$$

est une telle équation (d'ordre > 3), on a identiquement, en tenant compte

de (1),

$$\frac{d\varphi}{dx} + m_2 \frac{d\varphi}{dy} = \varphi \left[-k \frac{dm_2}{dy} + \text{B} \right], \tag{4}$$

B représentant une fonction de x, y, z et de ses dérivées jusqu'au troisième ordre [1]. Cette relation est valable lorsque φ est du troisième ordre si l'équation (1) admet des caractéristiques (II) du premier ordre.

Si l'on connaît deux équations analogues à (3), $\varphi = 0$ et $\psi = 0$, d'ordres k et k' respectivement, on voit facilement, en vertu des identités de la forme (4), que l'expression

$$u = \left(\frac{\varphi}{\psi}\right)^{\frac{1}{k-k'}}$$

satisfait à la condition (2). Par conséquent :

Si l'on connaît deux équations formant un système en involution avec (1) *pour le même système de caractéristiques* (*d'ordre* > 3), *sur toute surface intégrale* (S) *de l'équation* (1), *les caractéristiques de ce système s'obtiendront au moyen de deux quadratures, sauf si* (S) *appartient à l'une des involutions.*

On peut rapprocher de ce résultat les deux remarques suivantes qui le complètent.

Si l'on connaît une seule équation $\varphi = 0$, on a immédiatement une courbe caractéristique, c'est-à-dire une solution particulière de l'équation $dy = m_2\, dx$, sur toute surface (S) n'appartenant pas à l'involution. Il suffit pour cela de porter les valeurs de z et de ses dérivées prises sur la surface (S) dans l'expression de φ et d'égaler le résultat à 0. On obtient ainsi une surface $\text{F}(x, y) = 0$ dont l'intersection avec (S) est une courbe (C) sur laquelle on a $dy = m_2\, dx$, comme cela résulte immédiatement de l'identité (3).

Enfin, si l'on connaît trois équations en involution, on peut évidemment former trois facteurs intégrants de l'expression ($dy - m_2\, dx$); sur toute surface intégrale (S) on obtiendra l'intégrale générale de l'équation des

---

(1) E. Gau, *Sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du second ordre* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 6e série, t. 7, 1911).

caractéristiques (II) en égalant à une constante le rapport de deux d'entre eux :

$$V = \frac{u_1}{u_2} = k.$$

L'expression V est donc un invariant pour les caractéristiques du système (II); nous retrouvons ainsi, par une voie un peu différente, un résultat déjà connu ([1]).

Dans ce cas, l'équation (1) s'intègre par la méthode de Darboux.

PHYSIQUE. — *Expériences sur un tourbillon produit en vase clos. Application au système planétaire.* Note ([2]) de M. **Emile Belot**, présentée par M. J. Violle.

On connaît les magnifiques expériences de Ch. Weyher qui lui ont permis de reproduire au moyen de vapeur les phénomènes des trombes marines et au moyen de tourbillons aériens des phénomènes d'attraction et de pseudo-magnétisme. Elles ne permettent pas de soumettre un tourbillon à des mouvements d'ensemble (translation en rotation) et d'autre part la théorie des vecteurs tourbillons n'est pas d'un grand secours pour prévoir les phénomènes produits dans ce cas. Les expériences suivantes ont été instituées pour répondre à ces desiderata.

Soit une bouteille de section B (*fig.* 1) à fond plat *entièrement remplie*

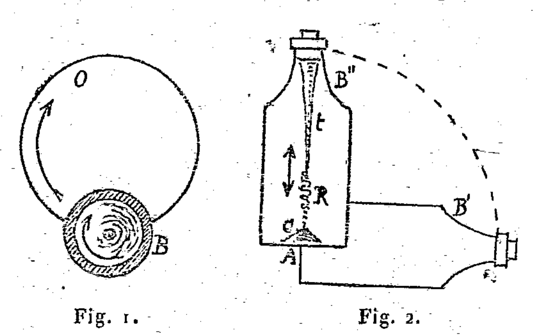


Fig. 1. Fig. 2.

d'eau : en la tenant horizontalement avec les deux mains faisons lui décrire rapidement (environ 5 tours par seconde) une orbite fermée O verticale.

([1]) *Loc. cit.*

([2]) Séance du 28 octobre 1918.

Le liquide ne prendra aucun mouvement de rotation dans la bouteille. Laissons au contraire dans la bouteille fermée une bulle d'air ayant seulement 20^{cm^3} : les phénomènes vont changer du tout au tout. La force centrifuge à chaque instant tendra à déplacer la bulle vers le centre de courbure de l'orbite et l'eau dans la direction opposée. Par suite, les deux fluides prendront dans la bouteille un mouvement de rotation de même sens que sa circulation orbitale. Les deux fluides n'ayant pas la même densité vont dans leur rotation se centrifuger, l'eau à l'extérieur, l'air vers l'axe, avec une vitesse de rotation moindre à l'extérieur en raison du frottement sur la bouteille : en un mot, les filets fluides constituent alors *un tourbillon physique*.

Tous ces phénomènes se constatent aisément si l'on a eu soin, pour rendre stables les bulles d'air, d'introduire dans la bouteille un peu de mousse de blanc d'œuf. Toutefois, un tube tourbillon n'étant stable que s'il est perpendiculaire aux surfaces de niveau, il faut par un mouvement rapide amener la bouteillle de la position B′ à la position verticale B″ (*fig*. 2). On voit alors la trombe conique T dessinée par les bulles d'air; les impuretés du liquide permettent de constater la vitesse de rotation d'autant plus grande qu'elles se rapprochent du tourbillon.

Le mouvement rapide de redressement de la bouteille produit un double effet sur le tourbillon : 1° effet gyroscopique résultant de la pression latérale qui dévie le corps tournant dans un sens perpendiculaire à la direction de l'effort. Le tourbillon se transforme partiellement en une sorte de ressort à boudin R; 2° effet centrifuge agissant sur l'ensemble du tourbillon si le centre du fond A est resté fixe dans l'espace. La partie R formant ressort à boudin ou renflement oscille alternativement vers le haut et vers le bas, ce qui montre bien l'élasticité virtuelle due à la rotation. Mais en dehors de cette ondulation alternative, on constate aussi un transport alternatif de matière par les particules qui montent et descendent. Le tourbillon présente donc une élasticité longitudinale comme une élasticité transversale.

L'attraction centrale du tourbillon se constate par les particules (sable, sciure) qui se réunissent en un cône central C sur le fond : c'est le phénomène du buisson des trombes marines, d'ailleurs reproduit aussi par Ch. Weyher.

Au bout de quelque temps, le tourbillon se détruit par frottement extérieur en *augmentant de diamètre* comme le font les tempêtes tournantes : on voit alors des nappes concentriques distinctes. Cette augmentation de diamètre est d'autant plus rapide que le tourbillon est plus incliné sur la

verticale, ce qui démontre son instabilité de plus en plus grande quand son axe s'écarte de la normale aux surfaces de niveau. C'est que les matières constituant le tourbillon (ici les bulles d'air) tendent, lorsqu'il est incliné, soit à en sortir soit à traverser son axe par l'action de la pesanteur. Dans un tourbillon vertical au contraire, la pesanteur agit sur les bulles, qu'elles montent ou descendent, pour les laisser à la même distance de l'axe en leur conservant la même vitesse angulaire, d'où stabilisation du tourbillon. Si l'on ajoute un peu d'huile d'olive dans la bouteille, elle peut prendre pendant le fonctionnement du tourbillon plusieurs formes d'équilibre dans le liquide en rotation. Tantôt c'est une forme cylindro-conique centrée sur l'axe du tourbillon et terminée haut et bas par des calottes sphériques, tantôt on observe un filet hélicoïdal d'huile à une certaine distance de l'axe.

Appliquons aux planètes, dans l'hypothèse de leur origine tourbillonnaire, les résultats précédents concernant la stabilité des tourbillons. L'écliptique primitive, plan du maximum de densité, devait être une surface de niveau de la nébuleuse ; tout tourbillon planétaire perpendiculaire à l'écliptique a dû être beaucoup plus stable qu'un tourbillon oblique. En effet, la composante d'attraction normale à l'écliptique ne tendait qu'à condenser sur elles-mêmes les couches du tourbillon situées à la même distance de l'axe sans les mélanger les unes aux autres. La composante de l'attraction centrale n'avait pas d'action différentielle tendant à disloquer par étirage les parties situées au-dessus et au-dessous de l'écliptique. Seuls entre tous les astres de notre système, Jupiter et la Lune ont leurs axes (ceux de leur tourbillon générateur) perpendiculaires à 2° près à l'écliptique. Ayant eu plus de stabilité que des tourbillons obliques, comme ceux de Saturne et de la Terre faisant avec l'axe de l'écliptique respectivement des angles de 28° et 23° 27', ils ont pu amasser plus de matière. C'est ainsi que Jupiter a une masse 3,4 plus grande que Saturne, bien que cette planète ait balayé un périmètre 1,83 plus grand dans la nébuleuse : pour la même raison, la Lune a une grande masse relative par rapport à la Terre, et la notion de stabilité tourbillonnaire suffit à expliquer dans notre système les prétendues anomalies de masse qui, pour la Lune, avaient conduit Darwin à chercher son origine dans une excroissance de la Terre.

MAGNÉTISME. — *Engrenages magnétiques. Application à l'horlogerie électrique.* Note de M. **Pierre Sève**, présentée par M. J. Violle.

Roue d'engrenage magnétique. — J'appellerai *roue d'engrenage* magnétique une roue sur une circonférence de laquelle sont disposés $2n$ pôles magnétiques égaux, équidistants et alternativement nord et sud. On obtient de pareilles roues en disposant convenablement sur un disque non magnétique n aiguilles aimantées suivant les côtés d'un polygone régulier de $2n$ côtés, pris de deux en deux (type polygonal) ou $2n$ aiguilles suivant les rayons de ce polygone (type radial) ou encore en implantant $2n$ aiguilles perpendiculairement au plan du disque (type prismatique). On dira que la roue a *n dents*, la dent étant la distance angulaire de deux pôles homologues les plus voisins.

Action mutuelle de deux roues d'engrenage magnétiques. — Considérons deux roues R et R' de m et m' dents, situées dans le même plan, dont les pôles ont sensiblement le même écartement et dont les circonférences sont voisines dans leur partie la plus rapprochée. Les deux séries de pôles agiront les unes sur les autres, les forces magnétiques tendant à amener les pôles de la roue R' en face des pôles de nom contraire de la roue R. Supposons par exemple que la roue R tourne uniformément avec une vitesse angulaire ω, la roue R' supposée libre sera entraînée en sens inverse. Moyennant certaines conditions, il pourra s'établir un régime permanent périodique, la roue R' avançant de $\frac{1}{m'}$ de tour ou d'une dent pendant que la roue R avance de $\frac{1}{m}$ de tour ou d'une dent; la vitesse angulaire de la roue R' étant par conséquent $\frac{m}{m'}\omega$. On peut considérer la roue R' comme le rotor d'un alternateur à $2m'$ pôles qui *engrènerait* dans le champ magnétique tournant de la roue R. La synchronisation se produira à condition que les résistances mécaniques qui s'opposent au mouvement de la roue R' ne soient pas trop grandes. Autrement il y a *décrochage*.

On peut constituer avec des roues d'engrenage magnétiques des trains d'engrenage permettant d'assujettir deux arbres à tourner avec des vitesses angulaires moyennes qui soient dans un rapport rationnel fixé, à condition que les efforts à transmettre soient assez petits. Ces engrenages se comportent comme des engrenages ordinaires dont les dents seraient flexibles et élastiques.

Applications. — L'intérêt de ce dispositif tient à ce qu'on peut réaliser des trains d'engrenage magnétiques dans lesquels les résistances passives sont extrêmement faibles. Il suffit de disposer les roues horizontalement en les fixant à hauteur convenable sur des tubes verticaux dont la partie supérieure repose par une chape d'agate sur un pivot pointu fixé à l'extrémité d'une tige verticale que le tube entoure sans la toucher; c'est-à-dire le dispositif de pivotage des roses de boussole.

On peut réaliser ainsi en particulier des *minuteries* magnétiques dont les frottements sont bien plus faibles que ceux des minuteries ordinaires, puisqu'ils se réduisent au frottement de la chape, à la résistance de l'air et à de faibles phénomènes d'hystérésis. Un choix convenable des distances des roues, de leur inertie et, au besoin, un réglage de l'amortissement dû à la résistance de l'air permet de rendre le mouvement de la roue conduite presque uniforme quand la roue conductrice tourne uniformément.

Échappement magnétique. — On peut faire entraîner une pareille minuterie par un pendule. Considérons un pendule portant un aimant permanent, comme c'est le cas pour les balanciers entretenus électriquement. Quand le pendule oscille, le champ magnétique dans son voisinage peut être considéré en première approximation comme la superposition d'un champ magnétique constant et d'un champ alternatif ayant comme période celle du pendule. On pourra lancer synchroniquement dans ce champ alternatif une aiguille aimantée qui fera un tour pendant une période du pendule et faire entraîner la minuterie par cette aiguille. Il y a intérêt, au point de vue de la stabilité de l'accrochage, à annuler le champ constant dans la région de l'aiguille à l'aide d'un aimant compensateur. On peut de même, en la disposant à distance convenable des pôles de l'aimant du pendule et au besoin en plaçant un ou plusieurs aimants compensateurs, faire entraîner une roue magnétique à plusieurs dents par le champ alternatif du balancier, de façon que cette roue avance d'une dent pendant une oscillation du pendule; de façon à constituer une sorte d'échappement magnétique.

J'ai construit sur ce principe une horloge électrique. Le pendule est entretenu électriquement par le procédé classique de Lippmann [1].

---

[1] LIPPMANN, *Journal de Physique*, 3e série, t. 5, 1896, p. 434. Ce pendule, qui est en marche depuis près de 5 ans, fonctionne avec trois éléments Leclanché et un condensateur de 2 microfarads.

L'aimant est en fer à cheval. Ses branches sont dans le même plan horizontal et perpendiculaires à l'axe de rotation du pendule. Dans le plan de cet aimant se trouve une roue magnétique à trois dents (du type polygonal); la distance des pôles de la roue est à peu près égale à celle des pôles de l'aimant en fer à cheval. L'axe de rotation est dans le plan de symétrie vertical de l'aimant. Lorsque la roue est accrochée elle avance d'une dent en une période (2 secondes) du pendule, accomplissant un tour en 6 secondes. La chape porte deux aiguilles aimantées parallèles à l'axe et symétriquement placées qui constituent une roue à une dent du type prismatique qui entraîne une roue magnétique à dix dents du type polygonal. Cette roue fait un tour en 1 minute. Elle porte une graduation se déplaçant devant un index.

L'appareil fonctionne régulièrement depuis plusieurs mois.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le point de Curie dans le fer pur et les ferro-siliciums.* Note de M. A. SANFOURCHE, transmise par M. Henry Le Chatelier.

Curie a le premier signalé que le fer subit à 1280° une transformation dans ses propriétés magnétiques, telle que sa susceptibilité se trouve brusquement augmentée au-dessus de cette température dans le rapport de 3 à 2. Il a appelé δ le nouvel état qu'affecte le fer de 1280° jusqu'à son point de fusion.

Dans ces dernières années, quelques auteurs ont signalé cette transformation connue marquée par une manifestation thermique, mais avec des divergences assez sensibles sur la température où ils la situent. Comme ces divergences peuvent être dues soit à des impuretés lorsqu'on opère sur des produits industriels, soit à la présence d'oxyde quand les précautions prises pour éviter l'oxydation sont insuffisantes, nous avons essayé de répéter cette détermination en éliminant ces causes de perturbation.

Le fer utilisé était chimiquement pur; il était préparé à partir de clous de Suède, qui étaient dissous dans l'acide chlorhydrique, et la solution évaporée à sec, puis reprise par l'eau et filtrée; le carbone et le silicium étaient ainsi éliminés. La liqueur était traitée par l'ammoniaque qui précipitait le fer à l'état d'hydrate, lequel était, après des lavages répétés, transformé par calcination en oxyde, qui était réduit par l'hydrogène pur au rouge vif. L'analyse ne décelait pas de carbone dans le fer ainsi obtenu qui, réduit de nouveau au moment de l'emploi, était comprimé à plusieurs

centaines d'atmosphères. Les blocs fermés étaient fondus au four électrique à résistance de charbon, dans des tubes en quartz.

Pour éviter l'oxydation, il était hasardeux d'opérer dans une atmosphère quelconque, le fer ayant à haute température une affinité marquée pour divers gaz considérés comme inertes dans les conditions ordinaires. Aussi avons-nous préféré le fondre sous une couche de chlorure de sodium. Celui-ci était d'abord amené à la fusion, de façon à former au fond du tube de quartz une masse de hauteur suffisante; puis les blocs de fer agglomérés par pression y étaient projetés, et se trouvaient ainsi recouverts instantanément par le chlorure fondu. La température était alors élevée de façon à amener la fusion du fer. Le chlorure de sodium se volatilise, sa vapeur se condense dans la partie supérieure du tube, d'où le liquide retombe dans la zone chauffée, pour se volatiliser de nouveau, et il s'établit une sorte de distillation continue. Le fer est donc constamment isolé de l'air par une épaisse couche de vapeur de chlorure de sodium, qui d'ailleurs ne l'attaque pas sensiblement, comme on peut le constater après l'opération.

La masse mise en œuvre était de 80^g, la fusion a lieu à 1515° et la durée du refroidissement de 1540° à 600° est de 36 minutes. La pince thermo-électrique, protégée par un petit tube en quartz pénétrant au centre du métal, était reliée à un galvanomètre enregistreur et à un galvanomètre à lecture directe.

Nous avons ainsi obtenu, au cours du refroidissement, un arrêt très net, quoique trop bref pour se manifester par un palier sensible, se plaçant à 1310°. Au réchauffement, la brisure dans la courbe a lieu à 1365°. Cet écart des deux températures, quoique assez élevé, est normal dans les transformations des corps solides.

Le point critique ainsi obtenu est sans aucun doute le point de Curie ou point A_4.

Effet de l'addition de silicium. — Au moyen de silicium cristallisé, exempt de carbone et de métaux, nous avons formé des ferro-siliciums qui nous ont permis de suivre l'influence exercée par cet élément sur le point A_4. La température à laquelle il se manifeste est très rapidement abaissée par l'addition de quantités même faibles de silicium; son intensité varie peu jusqu'à 1 pour 100 de silicium, mais au delà elle s'affaiblit, et la transformation n'est plus sensible pour une proportion excédant 2,5 pour 100. A ce moment, sa température a été abaissée de 115°.

Le Tableau suivant indique les températures observées à l'échauffement et au refroidissement pour diverses proportions du silicium :

	Ac₄.	Ar₄.
Fer pur	1365°	1310°
0,5 pour 100 silicium	1355	1294
1 »	1342	1281
1,5 »	»	1259
2 »	1297	1225
2,5 »	»	1195

Nos instruments ne nous ont pas permis de suivre cette transformation jusque dans les alliages plus riches en silicium.

Les températures prises comme repères étaient les points de fusion du nickel à 1452°, de l'argent à 961°, de l'antimoine à 630°,5.

GÉOLOGIE. — *Sur la fin de la période glaciaire dans la vallée du Guiers et le massif de la Chartreuse.* Note [1] de M. **P. Combaz**, présentée par M. Pierre Termier.

La Carte géologique au $\frac{1}{80000}$, feuilles de Chambéry et de Grenoble, indique, dans la vallée du Guiers et le massif de la Chartreuse, des dépôts glaciaires indéterminés, a^1gl; des dépôts glaciaires récents, a^1gl^2 et des alluvions interglaciaires a^1, postglaciaires Aa^1 et modernes a^2. Sauf à Saint-Laurent-du-Pont, où M. Kilian a signalé un complexe d'alluvions de retrait attestant un retour offensif, suivi d'un stationnement du glacier, à la sortie des gorges du Guiers-Mort, dans toute cette région, la distinction reste à faire, entre dépôts de grande extension et dépôts de retrait glaciaire, dépôts glaciaires alpins et dépôts glaciaires locaux, etc. L'étude de ces alluvions nous a conduit à les rattacher en partie à divers stades de retrait, tant de la glaciation würmienne que de la récurrence néowürmienne, stades déjà signalés, dans la plupart des vallées alpines, par les géologues de l'École de Grenoble.

I. Retrait würmien. Stade de Chailles. — Dans la basse vallée du Guiers, entre Saint-Béron et Pont-de-Beauvoisin, se voient deux terrasses emboitées l'une dans l'autre. La terrasse supérieure (392^m) se raccorde à

[1] Séance du 28 octobre 1918.

un énorme complexe de moraines, situées de chaque côté du débouché de la cluse de Chailles, à Voissant et au Raclet. La forme en vallum n'est pas développée dans cet ensemble qui englobe même la « terrasse » de Voissant, franchement morainique, contrairement aux indications de M. Hitzel. La terrasse inférieure (380^{m}), interrompue dans la cluse, se raccorde à d'autres moraines, visibles à son entrée sud-est, en contre-bas des alluvions de grande extension würmienne, entre 20^{m} et 60^{m} au-dessus du Guiers, au Tartarin, à La Croix-de-la-Roche et vers la ferme Ponet, rive droite; au Mas et à Sous-le-Bois, rive gauche. Trois petites cuvettes terminales placées bout à bout, et séparées par des étranglements de la vallée, indiquent qu'on a affaire à des restes d'anciens vallums, en grande partie balayés par l'érosion.

Toutes ces alluvions de retrait constituent le *stade de Chailles qui comporte ainsi plusieurs stationnements secondaires, correspondant aux stades de Bregnier-Cordon, Brens-Belley et Massignieu-Charbonod du glacier du Rhône.* En effet, les terrasses qui se rattachent à ces différents stades, à Brégnier, Peyrieu, Artemare sont à 12^{m}-15^{m} au-dessus du Rhône. Or, à partir de Pont-de-Beauvoisin, les deux terrasses du stade de Chailles se confondent en une seule, offrant précisément cette même différence de niveau avec le Guiers, près de Saint-Genix-d'Aoste. Au stade de Chailles, le glacier s'insinuait dans les gorges de ce nom à 415^{m}. Dès lors, la capture du Guiers-Mort par le Guiers-Vif était un fait accompli déjà et le défilé de Crossey (475^{m}) converti en « cluse morte ». Or le dernier effet de l'érosion, due au torrent qui débouchait de cette cluse, à savoir le petit vallon de l'Etang-Dauphin, à l'ouest de la montagne de Ratz, est postérieur aux moraines de Saint-Étienne-de-Crossey, entamées par lui (stade de Rives) et antérieur aux moraines de la Croix-Bayard (stade de Charnècles) qui l'obstruent au Sud. Donc *le stade de Chailles n'est pas plus ancien que celui de Charnècles et doit être contemporain en outre des stades suivants de Moirans et de Rovon.* Ainsi le stade de Chailles permet de synchroniser, avec une précision nouvelle, les divers épisodes de retrait glaciaire, des vallées du Rhône et de l'Isère.

Les dépôts de Chailles ne renferment qu'une petite proportion de matériaux alpins ($\frac{1}{5}$ environ). Le col de Couz (620^{m}) ne laissait plus arriver qu'une faible branche du glacier de l'Isère et les glaciers locaux, bloqués jusque-là dans leur massif, tendaient à reprendre le dessus.

II. Interglaciaire würm-néowürm. — Le col de Couz est complètement

déglacé. Les glaciers se retirent à l'intérieur des massifs. La cluse de Chailles s'approfondit de 15^m. Le Guiers-Vif s'ouvre un cañon épigénétique dans la barre urgonienne terminale de la chaîne de Lépine et étale ses alluvions dans la dépression d'Entre-Deux-Guiers.

III. Récurrence néowürmienne. — *a. Stades de Saint-Laurent-du-Pont et du Frou.* — Des *glaciers locaux* prennent naissance dans le massif de la Chartreuse et s'avancent sur leurs alluvions de progression jusqu'aux débouchés des vallées : stade de Saint-Laurent-du-Pont de M. Kilian. Ce stade aurait son équivalent dans les gorges du Guiers-Vif, au Frou, où des moraines locales sont conservées dans des amorces de verrous, près des Gerbaix et des Gands, rive droite.

b. Stades de Saint-Mesme, La Frassette, Saint-Philibert, Perquelin — A ce stade succède un retrait, qui amène le démembrement du glacier du Guiers-Vif, en trois petits glaciers confinés dans le cirque de Saint-Mesme, près des sources du Guiers-Vif et dans les gorges de l'Herbetan et du Cozon, ses affluents de tête. Avant de s'éteindre tout à fait, ces glaciers ont poussé leurs moraines jusqu'à 500^m de Saint-Pierre-d'Entremont. Ces dépôts de retrait de la récurrence ne sont à peu près formés que de matériaux calcaires. Ils sont localisés au fond des gorges d'approfondissement récent et séparés des alluvions würmiennes éparses sur les replats et les pentes entre 1200^m et 800^m par d'importants affleurements de la roche en place. Ce qui suppose un cycle d'érosion au moins entre la glaciation würmienne et la récurrence locale. En tête de la vallée du Guiers-Mort, le cirque de Perquelin dut être le théâtre d'un semblable épisode de retrait ; mais les traces de ce stade, s'il y en a, sont difficiles à distinguer des alluvions locales, surmontées de blocs alpins, de Saint-Pierre-de-Chartreuse (a^1 de la carte).

IV. Érosion interstadiaire et postglaciaire. — Après avoir encore approfondi les gorges de Chailles et du Frou, encaissé le Guiers de 10^m dans ses alluvions à Entre-Deux-Guiers, l'érosion régressive l'amène ensuite à recouper les dépôts stadiaires à Saint-Laurent-du-Pont, à Saint-Pierre-d'Entremont et à Saint-Pierre-de-Chartreuse.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Orage électromagnétique.* Note de M. **Albert Nodon**, présentée par M. Bigourdan.

Un orage électromagnétique s'est manifesté du 21 août (à partir de 11^h) jusqu'au 23 août à 11^h. Cet orage a donné lieu aux observations suivantes, enregistrées à Bordeaux, à l'aide des divers instruments (magnétomètres et électromètres) décrits antérieurement dans diverses notes présentées à l'Académie des Sciences.

Le *magnétomètre* indique la plus forte composante orientale de l'année, correspondant à la division 180° de l'instrument; tandis que la composante occidentale avait atteint cet hiver 51°.

Le magnétomètre ainsi que la boussole-magnétomètre annoncèrent, le 21 août à 11^h, l'apparition d'un orage électromagnétique. Les variations rythmées et régulières de la composante horizontale donnèrent lieu à 20 oscillations doubles par minute, pendant les premières heures. Ces oscillations continuèrent sans interruption, jour et nuit, jusqu'au 23 août; elles cessèrent le 23 août à 11^h. Le nombre d'oscillations atteignit 24 par minute dans la nuit du 21 au 22; il s'éleva jusqu'à 32 dans la matinée du 22. Il redescendit ensuite au chiffre de 20 jusqu'à la cessation de l'orage.

L'*électromètre* accusa des variations dans la charge négative des couches inférieures de l'atmosphère et de la surface du sol, qui donnèrent lieu à des oscillations rythmées et régulières, semblables à celles du magnétomètre, indiquant une étroite relation entre les deux ordres de phénomènes et ayant vraisemblablement une origine commune.

Dans la région du Sud-Ouest, la température resta élevée pendant toute la durée du phénomène; elle atteignit le maximum de l'été, avec 35° à l'ombre, à Bordeaux. Le régime des vents fut Sud et Sud-Ouest faibles, avec temps lourd et orageux.

Le ciel resta découvert, et pendant les premières nuits les définitions astronomiques furent bonnes.

Dans la nuit du 23 août, il s'établit un régime de vents d'Ouest, avec ciel couvert de nuages épais, suivi d'un abaissement sensible de la température et de légères ondées.

Aucuns grains d'orages ne furent observés dans le Sud-Ouest. Dans la matinée du 23, c'est-à-dire vers la fin du phénomène, la température s'abaissa très sensiblement. Un régime général de pluies s'établit le 24. La composante horizontale du magnétomètre s'abaissa de 180° à 163°. L'hygromètre, qui marquait 53° les 21 et 22, montait à 76° le 23, indiquant un

accroissement très sensible dans l'humidité relative de l'atmosphère. Le baromètre ne subit que de faibles variations; d'autre part, les phénomènes précédents se manifestèrent pendant une intéressante période *d'activité solaire*.

On observa, en effet, sur le bord Ouest du soleil, un centre d'activité étendu, constitué par de nombreuses taches et facules en transformation continuelle. La région centrale de l'astre renfermait une grosse tache à bords bien définis, provenant d'un retour, ainsi qu'une autre tache régulière accompagnée d'un groupe voisin de facules, provenant aussi d'un retour, sur le bord Est de l'astre.

Il semble résulter de nombreuses observations antérieures que le passage du foyer d'activité du 21 au 23, sur le bord Ouest, fut la cause principale des perturbations électromagnétiques qui se propagèrent jusqu'à la terre; tandis que les gros foyers calmes qui occupaient le voisinage du centre et l'Est de l'astre, furent une cause de l'élévation de la température et de la constante solaire.

Il est intéressant de signaler, d'autre part, que la Lune fut dans son plein pendant la même période.

Dans la nuit du 21 au 22 août, un violent cyclone s'abattit, aux États-Unis d'Amérique, sur la ville de Tyber, détruisant une partie de la ville et occasionnant la mort d'une centaine de personnes.

Cet orage électromagnétique fut vraisemblablement la cause indirecte de perturbations atmosphériques et sismiques sur d'autres points du globe.

L'ensemble des observations précédentes paraît confirmer en tous points celles qui avaient été déjà signalées à diverses reprises à l'Académie des Sciences. Ces observations paraissent démontrer, une fois de plus, d'étroites relations entre les perturbations solaires, les perturbations magnétiques et électriques terrestres, et les grands troubles de l'atmosphère.

PALÉOBOTANIQUE. — *Les grandes divisions paléontologiques du Stéphanien du bassin de la Loire.* Note de M. **Paul Bertrand**, présentée par M. Pierre Termier.

L'étude des végétaux houillers du bassin de la Loire a été faite par Grand'Eury [1]. Cet auteur s'est occupé longuement de la distribution

[1] C. Grand'Eury, *Flore carbonifère du département de la Loire et du centre de la France* (*Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences*, 1877).

verticale des espèces; il s'est efforcé de caractériser chaque étage, chaque faisceau de couches par un ensemble de plantes (familles, genres, espèces), présentes dans cet étage ou ce faisceau, et par la nature des débris végétaux constituant le charbon. Les caractères distinctifs qu'il a donnés pour les différents faisceaux sont malheureusement difficiles à saisir; ils ne sont pas suffisamment mis en évidence. Depuis la publication du Mémoire de Grand'Eury, de grands progrès ont été réalisés dans la classification et la spécification des végétaux houillers. Nos connaissances sur la stratigraphie du terrain houiller de la Loire ont été considérablement augmentées. D'autre part, les travaux de recherches récents, entrepris pour accroître nos ressources en charbon, ont mis au jour de nouveaux documents. Pour ces motifs, il est opportun de procéder à une révision générale du travail de Grand'Eury. La présente Note résume une première série de recherches sur le terrain, entreprises en vue de cette révision. Elle est destinée à servir de base à des études plus détaillées.

Le Tableau ci-contre a pour objet de fixer dès maintenant les grandes subdivisions paléontologiques du bassin de la Loire. J'ai essayé de préciser pour chaque zone : 1° la ou les *espèces-guides* fondamentales; 2° les groupes d'*espèces auxiliaires* ou *satellites* qui, tout en étant répandues dans les zones voisines, sont cependant par leur ensemble, par leurs associations fréquentes, caractéristiques d'une zone donnée.

Observations. — 1° Les subdivisions stratigraphiques, adoptées dans le Tableau ci-contre, sont à peu près celles de Gruner, Grand'Eury et Coste. Mais Coste appelle le système d'Avaize : *étage supérieur de Saint-Étienne*. Il y a intérêt à séparer la série d'Avaize de celle de Saint-Étienne. La séparation des deux séries est marquée très nettement par la grande formation poissonneuse et bitumineuse de Montrambert. La présence de cet horizon a été reconnue dans toute la partie sud-ouest du bassin. Elle coïncide avec l'apparition en masse de l'*Odontopteris minor* Brongn.

2° La flore dite de *Saint-Étienne* débute à moins de 150^{m} au toit de la Grande Couche de Rive-de-Gier. Elle englobe donc tout l'étage, en grande partie stérile, intermédiaire entre les couches de Saint-Étienne et celles de Rive-de-Gier. Plusieurs espèces caractéristiques de Rive-de-Gier persistent dans l'étage intermédiaire, mais sont noyées au milieu des espèces de Saint-Étienne.

3° La flore de Saint-Étienne et celle de Rive-de-Gier offrent des caractères distinctifs très tranchés.

4° Entre l'étage de Rive-de-Gier et celui des Flénus du Pas-de-Calais

SUBDIVISIONS STRATIGRAPHIQUES.		ÉTAGES d'après GRAND'EURY.	GRANDES ZONES PALÉONTOLOGIQUES.
PERMIEN INFÉRIEUR.			ZONE A *Callipteris conferta* Sternb.
Série d'Avaize (Stéphanien supérieur).		Étage des Calamodendrées. Zone de passage.	ZONE A *Odontopteris minor* Brongn. Prédominance du *Poacordaites linearis* Gr.'E. sur toutes les autres espèces de *Cordaites*. Apparition du *Sphenophyllum Thoni* Mahr.
Grande formation poissonneuse et bitumineuse de Montrambert.			
Série des couches de Saint-Étienne (Stéphanien moyen).	Faisceau de la 3e couche. Faisceau de la 8e couche.	Étage des Filicacées.	ZONE A *Odontopteris Reichiana* Gutbier ET A *Cordaites lingulatus* Gr.'E. Espèces fréquentes dans cette zone et contribuant à la caractériser : Flore de Saint-Étienne. *Odontopteris Brardi* Brongn. *Callipteridium pteridium* Schloth. » *gigas* Gutbier. *Spheno.* (*Zygopt.*) *pinnata* Gr.'E. *Nevropteris cordata* Brongn. *Linopteris Brongniarti* Gutbier. » *Germari* Giebel. *Pecopteris hemitelioides* Brongn. » *lepidorachis* Brongn. » *feminæformis* Schloth. » *Bioti* Brongn. *Poacordaites linearis* Gr.'E. *Dorycordaites affinis* Gr.'E. *Sphenophyllum oblongifolium* Germ. Apparition du *Walchia piniformis* Schlot.
	Faisceau des 13e et 15e couches.	Étage des Cordaïtées.	
Étage intermédiaire.	2. Gratte de Saint-Chamond.		
	1. Conglomérat de Grand-Croix et de Rive-de-Gier.	Étage des Cévennes.	
Faisceau de Rive-de-Gier (Stéphanien inférieur). Brèche de base.		Étage de Rive-de-Gier.	ZONE A *Pecopteris Lamuriana* Heer ET A *P. arborescens*, ASSOCIÉS A PLUSIEURS *Sigillaires cannelées* DU NORD DE LA FRANCE. Espèces caractéristiques de cette zone par leur fréquence : *Sphenopt. chærophylloides* Brongn. » *erosa* Gutbier. *Asolanus camptotænia* Wood. *Sigillaria Deutschi* Brongn. » *tessellata* Brongn. *Sphenophyllum emarginatum* Brong. Apparition de l'*Odonpteris Reichiana*.
WESTPHALIEN SUPÉRIEUR (Bruay, Lens, Liévin).		Flénus du Pas-de-Calais	ZONE A *Linopteris obliqua* Bunbury, *Nevropteris tenuifolia* Schloth., ETC.

(Bruay), il y aurait, d'après R. Zeiller, une lacune plus ou moins importante. Cette lacune n'existerait pas dans le bassin de Sarrebrück.

5° Il y aura lieu de rechercher ultérieurement s'il est possible de distinguer les uns des autres les différents faisceaux des couches de Saint-Étienne avec autant de certitude que l'a fait Grand'Eury.

Je me bornerai à constater pour le moment l'existence d'une zone de maximum d'abondance du *Cordaites lingulatus* (Étage des Cordaïtées). Cette zone débuterait, d'après Grand'Eury, au milieu de l'étage intermédiaire; elle englobe les couches inférieures de Saint-Étienne (15e, 13e et peut-être des couches plus élevées).

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Les forêts submergées de Belle-Ile-en-Mer.* Note (¹) de M. **Emile Gadeceau**, présentée par M. H. Lecomte.

L'Académie ayant bien voulu encourager mes études par une subvention sur le Fonds Bonaparte, j'ai pu les poursuivre pendant les nouveaux séjours que j'ai faits dans l'île, en août-septembre 1917 et mai-juin 1918. Le peu d'espace dont je puis disposer ici me permet seulement de les résumer brièvement.

Tourbes submergées de Ster-Vras. — Banc de 140^m de largeur, à épaisseur très variable de 0^m,20 jusqu'à 1^m,35 et plus. Les caractères physiques de ces tourbes seront énumérés dans un Mémoire détaillé, de même que leur situation statigraphique. Elles contiennent : 1° des insectes, communiqués à M. P. Lesne (²), qui a pu déterminer 19 espèces, dont plusieurs coprophages; 2° de nombreuses graines étudiées avec le très précieux concours de Mme Eleanor Reid; 3° des fragments de bois fortement comprimés et à accroissements annuels d'une extrême exiguïté. M. André Thil a bien voulu les déterminer avec la compétence qu'on lui connaît; confirmant les déterminations précédentes de MM. Fliche et Guinier il a pu y ajouter les *Fraxinus excelsior* L. et *Taxus baccata* L. La spontanéité de cette dernière espèce en Bretagne a été jusqu'ici discutée. M. C. Reid (³) la dit

(¹) Séance du 28 octobre 1918.

(²) P. Lesne, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 558.

(³) Clément Reid, *The Origin of the British Flora*, 1899, p. 151.

répandue dans les tourbes néolithiques de la Tamise. La liste que j'ai publiée en 1916, de la flore subfossile de Ster-Vras, se trouve portée, par suite de ces nouvelles observations, à 74 espèces, toutes espèces, vivantes, à notre époque, mais dont 28 n'ont jamais été constatées par moi dans l'île (1).

Tourbes du Potager. — Ce gisement, situé au fond du port du Palais, à $0^m,40$ au-dessus du niveau des hautes marées d'équinoxe (cotées $+5,70$) ne contient que peu de graines, mais, au pied d'arbres couchés dans la tourbe, se trouvaient de belles lames de silex éclaté, des blocs de granulite usagés comme meules et des fragments de poterie. Tous ces objets ont été reconnus comme nettement néolithiques (*Société anthropologique*, Paris, séance du 21 février 1918).

Arbres de Deuborch. — Signalés depuis longtemps par les historiens de l'île comme arbres enracinés *debout*, dans cette petite anse, à l'opposé nord-est de Ster-Vras, le P. Le Gallen m'envoya, en 1901, un fragment de ces arbres, reconnu par M. Fliche pour un chêne. Récemment, M. Damon a réussi à déterrer là un tronc d'arbre de $0^m,30$ à $0^m,40$ de diamètre, solidement enraciné dans la couche sous-jacente, à 110^m de la limite du flot. Il m'a envoyé le bloc tout entier au Muséum. Cet arbre a été reconnu par M. Thil pour un pommier (*Pirus Malus* L.).

Conclusions. — La tourbière submergée de Ster-Vras est une Formation d'eau douce : la végétation, les Diatomées, les Insectes, le sable, tout le démontre. Elle répond exactement à celle, très bien définie par M. G. Schmitz (2), professeur de Géologie à Louvain, sous le nom de *Tourbières boisées*, au travers desquelles circulent des eaux, quelquefois des rivières, des fleuves; cette Formation d'eau douce est aujourd'hui recouverte, dans les grandes marées, de 5^m d'eau (3). L'hypothèse d'une immersion causée par la compression de la couche sous-jacente pourrait être, à la rigueur, défendue à Ster-Vras, malgré l'importance du changement de niveau. Mais les arbres de Deuborch montrent qu'il s'agit d'un phénomène d'ordre

(1) E. Gadeceau, *Essai de Géogr. bot. sur Belle-Ile-en-Mer*. (Tirage à part, *Mém. Soc. Sc. nat. et math.*, Cherbourg, 1903.)

(2) G. Schmitz, *Formation sur place de la houille* (*Revue des questions scientifiques*, avril 1906).

(3) Le 2 septembre 1917, le niveau est descendu à $0^m,10$ *au-dessus* du zéro des Cartes marines.

général; ils sont solidement enracinés sur les débris de la roche elle-même et non sur des lits de vase ou de tourbe, ce changement de niveau est donc dû à l'affaissement du sol où à l'empiètement de la mer. C'est à cette dernière opinion que je me rallie avec Barrois (1), qui voit dans les îles méridionales de la Bretagne « les cimes principales (2) de chaînes de hauteurs continentales noyées dans l'Atlantique ». Je suis ainsi conduit à conclure que les forêts submergées de Belle-Ile remontent à l'époque géologique où l'île faisait partie du continent. Cette époque correspond à l'âge dit *néolithique*.

La présence de l'homme, déjà parvenu à un certain degré d'industrie, est attestée par la découverte d'un percuteur en granulite au voisinage d'un crâne humain, à Ster-Vras, corroborée par celle des couteaux de silex du Potager, par l'existence du charbon de bois, déterminé par M. Guinier, par les insectes coprophages, impliquant l'existence, dans le voisinage, de mammifères herbivores et par un certain nombre de plantes rudérales. La fréquence du chêne concorde avec le climat tempéré du *Néolithique*.

Enfin, sur les 74 espèces de la florule subfossile de Ster-Vras, 32 figurent dans la statistique de la Flore néolithique de l'Europe septentrionale dressée par Clément Reid (3).

La connaissance du climat qui régnait alors présente, au point de vue de l'origine de notre flore actuelle et de ses vicissitudes, un réel intérêt. En ce qui concerne Belle-Ile, les différences climatiques sont mises en évidence de la façon la plus nette. Les conditions nécessaires pour l'établissement du régime des tourbières impliquent une humidité intense. Or, aujourd'hui, j'ai pu constater moi-même qu'ainsi que l'écrivaient des agriculteurs comme Chasle de la Touche et Trochu : « à Belle-Ile, tout est sec, l'air comme la terre, ... il n'y a ni étangs, ni marais ». Le caractère de la flore actuelle est xérophile. Tous les hygrophiles du continent y sont rares ou font défaut, tandis que la flore subfossile de Ster-Vras se compose surtout de véritables Hydrophytes : *Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Ceratophyllum*, *Naias*, *Ruppia*, *Zannichellia*, etc. Aucune des espèces méditerranéennes, qui

---

(1) Ch. Barrois, *Sur la répartition des îles méridionales de la Bretagne* (*Ann. Soc. Géolog. Nord*, t. 26, p. 2).

(2) La profondeur maxima entre Belle-Ile et Quiberon est de 30^m à 35^m, mais le chenal de la Teignouse, entre Quiberon et Houat, dessine un fossé qui atteint 51^m (Carte des Ingénieurs hydrographes, 1906-1908).

(3) Clément Reid, *loc. cit.*, p. 71.

remontent aujourd'hui jusqu'à Belle-Ile ne s'y trouve, alors que beaucoup d'espèces ubiquistes, de l'intérieur de l'île, y figurent.

Additions à ma liste du 3 juillet 1916 (plantes non constatées dans la flore actuelle de l'île). — Graines : *Fragaria vesca* L., *Galium cruciata* Scop., *Galium verum* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Myrica Gale* L., *Potamogeton densus* L., *P. obtusifolius* Mert., *P. pectinatus* L., *P. perfoliatus* L., *P. pusillus* L., *P. trichoides* Cham., *Naias major* All., *Carex flava* L., *Pteris Aquilina* (pinnules). — Bois : *Mespilus germanica* L., *Fraxinus excelsior* L., *Taxus baccata* L.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une Fougère à acide cyanhydrique, le* Cystopteris alpina *Desv.* Note de M. **Marcel Mirande**, présentée par M. Guignard.

Dans le grand groupe des Fougères, on ne connaît encore qu'un petit nombre de plantes à acide cyanhydrique. En 1908, Greshoff (¹) a signalé cette substance dans le *Pteris Aquilina* L., fougère bien commune dans nos pays et qui croît dans les terrains siliceux, dans les *Gymnogramma aurea* Desv. et *G. cordata* Schl., et dans un *Lastrea* et un *Athyrium* dont il n'indique pas les espèces.

Greshoff a montré que le *Pteris Aquilina* contient un glucoside du groupe de l'amygdaline, c'est-à-dire du groupe des glucosides cyanogénétiques dont l'hydrolyse fournit de l'aldéhyde benzoïque.

J'ai constaté la présence d'un glucoside à acide cyanhydrique dans une fougère assez commune dans les montagnes de la Savoie et du Dauphiné, le *Cystopteris alpina* Desv. (*Cystopteris fragilis* Bernh., var. *alpina* Koch).

Cette substance est contenue dans les parties vertes de la plante, c'est-à-dire dans les feuilles. Sous l'influence d'une enzyme agissant à la façon de l'émulsine et contenue dans les mêmes organes, cette substance se décompose en donnant, entre autres produits, de l'acide cyanhydrique.

Les feuilles, rapidement hachées, sont mises en macération dans un peu d'eau, pendant quelques heures, à la température de 25° à 30°. La masse

(¹) M. Greshoff, *Transitorisch Blauzuur in Varens* (*L'acide prussique transitoire chez les Fougères*) (*Pharm. Weekbl. voor Nederl.*, t. 45, 1908, p. 770-773). Analysé dans *Botan. Centralbl.*, t. 110, 1909, p. 651.

est soumise ensuite à la distillation sous l'action d'un courant de vapeur d'eau. Une petite quantité d'acide cyanhydrique, dont il n'est pas tenu compte dans les résultats de l'analyse, s'échappe pendant la digestion et la distillation. Le distillat accuse tous les caractères de la présence de l'acide cyanhydrique, notamment la réaction du bleu de Prusse. J'ai effectué le dosage de l'acide, dans ce distillat, par la méthode de Fordos et Gélis.

Le distillat donne, en outre, les principaux caractères de la présence de l'aldéhyde benzoïque; il donne, notamment, sous l'action de la phénylhydrazine acétique, un précipité de cristaux qui, après purification, fondent vers 152° et qui représentent l'hydrazone de l'aldéhyde benzoïque.

La substance cyanogénétique du *Cystopteris alpina* appartient donc au groupe de l'amygdaline.

La plante contient le glucoside pendant toute la durée de ses organes verts aériens, mais la quantité de cette substance, assez grande au début de la saison, décroît peu à peu.

Le *Cystopteris alpina* commence à se faner et à présenter sa teneur minima en acide, au Lautaret, dans les premiers jours de septembre; des échantillons récoltés dans cette localité et à cette époque, dont les sores étaient complètement mûrs mais les feuilles encore assez fraîches, m'ont donné, au dosage, $0^g,01107$ pour 100 de plante fraîche.

La plante, en se fanant, exhale de façon très sensible l'odeur d'essence d'amandes amères : sous l'influence de la dessiccation qui, ainsi que l'on sait, provoque, dans la plante, le mélange des contenus cellulaires, s'effectue, en effet, l'hydrolyse du glucoside au contact de l'enzyme également contenue dans la plante, et les vapeurs d'acide cyanhydrique et d'aldéhyde benzoïque se dégagent.

PARASITOLOGIE. — *Sur quelques points de la biologie des microfilaires.* Note de M. **Fernand Gaud**, présentée par M. Laveran.

Au cours des années 1917-1918, au centre hospitalier de Zeitenlick, (Armée d'Orient), nous avons procédé à l'examen systématique du sang de près de 700 militaires de couleur (Africains, Antillais, Annamites) pour y rechercher la présence des microfilaires de jour et de nuit.

Ces malades étaient entrés dans les hôpitaux pour les causes les plus diverses, à l'exclusion de la filariose clinique.

Nous avons trouvé une proportion constante et régulière de

6 pour 100 d'individus parasités; quelques-uns ont présenté un taux élevé de microfilaires (de 10 à 60 par millicube) : c'était là un matériel de choix que nous avons songé à utiliser pour tenter de jeter quelque clarté sur les points encore obscurs de la biologie des filaires.

Nous avons l'honneur de soumettre à l'Académie les grandes lignes du programme suivi et les conclusions qui nous paraissent déjà acquises. Des recherches sont encore en cours.

Chez les individus suffisamment parasités, c'est-à-dire dont le sang périphérique montre au moins 10 embryons par millicube, voici ce que nous avons constaté :

1° *Éosinophilie sanguine.* — Elle ne se rencontre pas chez les porteurs de *M. Bancrofti* ni chez ceux de *M. perstans.* Elle est constante dans les cas d'infection par *M. diurna*, même en l'absence de tout accident clinique, étant, bien entendu, constaté qu'il n'y a pas de parasitisme intestinal susceptible de causer l'éosinophilie.

2° *Équilibre leucocytaire.* — Il est rompu au moment de l'afflux et du reflux des microfilaires dans le sang périphérique, déduction faite de la leucocytose digestive.

3° *Pression sanguine.* — Elle varie dans le même sens que l'équilibre leucocytaire et sous les mêmes influences.

4° *Séro-réactions.* — Elles ont toujours été négatives (pas de fixation du complément, aucune apparence d'agglutinines, ni de précipitines).

5° *Vitalité et lyse.* — A. En présence des éléments figurés du sang : *In vitro*, la vitalité des microfilaires et leur lyse sont sous la dépendance de la teneur plus ou moins grande du sang en mononucléaires; les embryons se conservent vivants pendant plus de huit jours dans le sang dextrosé privé de leucocytes; ce délai est peu raccourci pour les sangs à polynucléaires, mais il est très diminué s'il y a mononucléose. Nous espérons bientôt pouvoir étudier l'action des extraits autolysés de leucocytes sur cette vitalité.

B. En présence des sérums : La survie *in vitro* est influencée dans des limites très étendues lorsque les embryons sont mis en présence de sérums d'individus de race différente. Le sérum des Européens est généralement toxique au bout de quelques heures pour les embryons retirés du sang d'hommes de couleur, alors que dans leur sérum d'origine, ces embryons demeurent vivants plusieurs jours.

6° *Chimiothérapie.* — La résistance des microfilaires aux agents thérapeutiques est considérable. Pour les tuer *in vitro* en quelques heures, il faut des concentrations d'arséno-benzols dissous qu'il est impossible de réaliser dans la masse sanguine par des injections intraveineuses.

Toutes les médications essayées pour amener la disparition des embryons chez les individus qui en sont porteurs ont lamentablement échoué.

7° *Considérations étiologiques.* — Il y a lieu d'admettre que chez tout individu soustrait à la réinfection, la génération des embryons s'atténue et s'abolit finalement.

En effet les contingents indigènes qui, dans leur pays d'origine, accusent 50 à 70 pour 100 de filariens, n'en montrent plus que 30 pour 100 une fois transportés en Algérie, et ce chiffre tombe à 6 pour 100 à l'armée d'Orient où la lutte contre les moustiques est des plus efficaces. Ceci démontre que les microfilaires disparaissent spontanément chez la grande majorité des individus qui quittent les régions endémiques. Mais étant donné que le nombre des sujets est encore élevé qui montrent des embryons 5 et 10 ans après leur infestation, et comme d'autre part on ne sait rien des conséquences pathologiques éloignées de ce parasitisme, il y a lieu de ne pas se désintéresser de la filariose aux deux points de vue individuel et collectif. C'est pourquoi nous nous proposons, dès le printemps prochain, de procéder à une enquête sévère dans les camps d'indigènes du midi de la France où la densité des culicides est élevée. La recherche parallèle des larves de filaires dans les moustiques et des microfilaires dans le sang des Européens et des Indigènes permettra d'élucider définitivement la question de la possibilité de l'infection filarienne sous nos climats et de proposer toutes mesures de prophylaxie nécessaires.

BACTÉRIOLOGIE. — *Vaccinothérapie spécifique dans la dysenterie bacillaire.* Note de M. **S. Marbaïs**.

Nous avons remarqué l'influence favorable exercée par une dysenterie intercurrente sur le syndrôme catatonique d'un de nos malades. Lors de notre communication de ce cas à la Société de neurologie et de psychiâtrie de Bucarest [1], nous avons proposé l'immunisation active par les bacilles

(1) S. Marbaïs, *Un cas de catatonie amélioré par une dysenterie bacillaire intercurrente* (1905).

dysentériques comme moyen thérapeutique de la démence précoce. M. le professeur Cantacuzène nous a formellement déconseillé d'entreprendre cette expérience, d'autant plus que les célèbres recherches de M. Dopter ont montré l'action nocive de la toxine du bacille de Shiga sur le système nerveux.

Dix ans plus tard, en 1915, à l'occasion d'une étude faite sur un bacille de Shiga, confié par M. Dujardin-Baumetz, nous avons constaté que le vaccin dysentérique, rendu atoxique par un chauffage au bain-marie, conserve ses qualités d'antigène, parce que ses éléments sont agglutinés par le sérum anti-Shiga. En outre nous avons constaté qu'il est parfaitement bien supporté, qu'il ne produit aucune réaction thermique et, ce qui est plus important, qu'il provoque la formation d'une opsonine spécifique à bref délai. Les expériences de vaccinothérapie sur cobayes et lapins inoculés dans une pochette faite sur le dos, entre la peau et l'aponévrose, nous ont montré que les animaux soumis à la vaccinothérapie présentaient un afflux énorme de leucocytes dans la pochette, que les bacilles étaient phagocytés et que, 48 heures après la piqûre de vaccin, les ensemencements du pus de la pochette restaient stériles pour le bacille de Shiga. Par contre, dans la pochette des animaux témoins, les leucocytes étaient très rares, et les bacilles, très nombreux au commencement, diminuaient les jours suivants, pour provoquer à la fin la septicémie et la rechute mortelles.

La récente épidémie de dysenterie que nous avons subie, nous a fourni l'occasion d'appliquer ces données à la thérapeutique humaine.

Dans le premier cas de dysenterie que nous avons étudié, en collaboration avec le Dr Gilles, nous avons appliqué le vaccin, désintoxiqué par le chauffage d'une heure au bain-marie. Une première dose de 50000000 de bacilles a fait baisser le nombre de selles de 50 à 2 par jour et les selles sont devenues stériles 4 jours après les piqûres.

Puis, avec MM. Sencert et Gilles, nous avons employé un stock-vaccin où l'iode, dont nous nous servons toujours pour tuer les microbes (1), a été réduit par l'hyposulfite de soude, en suivant les techniques de MM. Ranque et Senez. Les résultats ont été très bons, mais dans ce cas une dose de 100000000 de bacilles a provoqué une tuméfaction assez douloureuse et longue à se résorber.

En résumé le vaccin dont nous nous servons en ce moment est polyvalent; il est fait avec une culture très jeune, une nuit seulement à 37°. Les bacilles sont très pris d'iode, puis une fois émulsionnés, ils sont chauffés

(1) *Bulletin et Mémoires de la Société médicale des hôpitaux*, 1917, p. 809.

pendant une heure au bain-marie. Dès la première piqûre les coliques et le ténesme disparaissent. Le nombre de selles diminue considérablement; les selles deviennent moulées, plus colorées par la bile et sont dépourvues de sang. Les bacilles disparaissent très vite, les glaires un peu plus tard. L'état général revient rapidement à la normale.

Dès la première piqûre les malades sont soumis au régime ordinaire.

Une piqûre ou deux de vaccin amènent la guérison de la dysenterie.

Ces résultats corroborent ceux que nous avons obtenus dans la vaccination du choléra; ils montrent, ainsi que les recherches inédites sur la vaccinothérapie dans la diphtérie, que les microbes pathogènes du tube digestif sont rapidement tués par les vaccins correspondants.

BACTÉRIOLOGIE. — *Un vaccin curatif de la tuberculose pulmonaire.* Note de M. CASIMIR CÉPÈDE, présentée par M. Edmond Perrier.

L'observation de milliers de crachats de tuberculeux nous a fait constater que :

1° Les malades à évolution rapide montrent une infection presque exclusive par le bacille de Koch et ne présentent pas en général de réaction phagocytaire;

2° Les malades qui se défendent et qui présentent un aspect floride ont une flore abondante associée au bacille de Koch. Ces malades à évolution lente montrent une superbe phagocytose de leur bacille tuberculeux.

Parmi les éléments les plus constants de la flore associée, nous noterons le pneumocoque, l'entérocoque, le streptocoque et le staphylocoque. En cultivant sur gélose bouillon peptone ces éléments et en les ajoutant en ballon à des crachats de bacillaires ne présentant pas de flore associée, on constate après quelques heures d'étuve l'installation de la phagocytose. Les toxines de ces divers microbes étant débilitantes et athrepsiantes, nous avons cherché si leur élimination n'était pas nuisible au phénomène de phagocytose antituberculeuse.

Nous avons répété les expériences précédentes en remplaçant les bactéries vivantes par ces mêmes bactéries tuées par la chaleur après élimination de leurs toxines. Nous avons pu constater encore l'existence de la phagocytose.

Les bases de notre nouvelle thérapeutique étaient trouvées.

FABRICATION DU VACCIN. — *Souches*. — Les quatre espèces bactériennes précédemment citées sont cultivées en bouillon et ces cultures nous servent de souches.

Ensemencement. — Nous cultivons sur gélose pendant 24 heures, la surface de la gélose en l'air. Nous retournons les boîtes de Roux, surface de la gélose en bas, de façon à faire dessécher pendant 24 heures d'étuve les colonies bactériennes qui s'y sont développées.

Récolte. — Après un premier lavage au sérum physiologique destiné à éliminer les exotoxines, nous récoltons immédiatement nos colonies par émulsion et nous les tuons par une ébullition d'une demi-heure. Nous standardisons à 100 millions et nous répartissons en ampoules de 1^{cm^3}.

Ce vaccin est un vaccin hypodermique. Nous l'administrons à la dose de 200 millions de bactéries par semaine, en deux piqûres, quantité que nous pouvons largement dépasser dès que les malades vont mieux. Dès l'administration, la phagocytose s'installe; on la constate dans les crachats.

Cette médication est absolument sans danger et d'autant plus efficace qu'elle est appliquée d'une manière plus précoce. Les tuberculeux du 1er, du 2e et du début du 3e degré s'améliorent très rapidement.

Lorsque la destruction des tissus est considérable, nous pouvons, par cette méthode, prolonger l'existence du tuberculeux, mais il est évident que nous ne pouvons lutter contre les phénomènes asphyxiques auxquels succombent fatalement les malades.

CAS GRAVES. — Mme R., fonte purulente du 3e degré, laryngite, pronostic fatal à brève échéance, prise en cachexie avec hépatisation pulmonaire, 140 pulsations, température aux environs de 39°, en avril dernier. Aujourd'hui état général excellent malgré la destruction de ses cordes vocales, températures actuelles oscillant entre 36°,5 et 37°,5.

Une autre malade, Mme G., prise au mois de juin avec 40°,6, cachectique, mise au vaccin, a eu une défervescence brusque en quelques jours; le nombre des bacilles s'est extraordinairement réduit; la toux, les crachats n'existent presque plus. Température normale. Elle augmente de poids de la manière la plus régulière et vaque à ses occupations.

Des expériences en série dans un dispensaire parisien du XXe arrondissement sont en cours depuis quelques mois : on peut y juger des résultats de notre médication.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur l'application de la méthode Cépède à la coloration du bacille de la lèpre*. Note de M. **Lespinasse**, présentée par M. Guignard.

Ayant assez souvent, au laboratoire de bactériologie de l'hôpital de Papeete, à rechercher le bacille de la tuberculose, j'ai, après lecture des *Comptes rendus* de l'Académie des Sciences du 25 février, expérimenté la méthode de coloration préconisée par M. Casimir Cépède (¹).

Dès le premier essai, j'ai obtenu les résultats annoncés par l'auteur : le bacille de la tuberculose apparaît avec une finesse rarement égalée avec les autres méthodes, qui restent même quelquefois insuffisantes pour permettre d'être affirmatif.

Ayant presque journellement à rechercher le bacille de la lèpre, les brillants résultats obtenus par la méthode Cépède pour le bacille de la tuberculose m'ont suggéré l'idée d'appliquer cette méthode pour la coloration du bacille de la lèpre, dont les propriétés sont d'ailleurs très voisines de celles du bacille de la tuberculose.

Le bacille de la lèpre se recherche dans les frottis de léprome et dans les frottis de mucus nasal.

Dans les frottis de léprome, le bacille de la lèpre est le plus souvent à l'état de culture pure, les bacilles sont très nombreux et les recherches donnent toujours des résultats positifs.

Avec les frottis de mucus nasal, la recherche n'est plus aussi simple : les résultats sont le plus souvent négatifs, quelquefois douteux.

Un résultat positif est toujours l'indice d'un cas de lèpre grave à la période d'évolution dangereuse. C'est dans cette période qu'il y a urgence à dépister immédiatement les malades porteurs de bacilles afin de les isoler. Quand le mucus nasal devient un véritable bouillon de culture pour le bacille de la lèpre, les malades, à Tahiti surtout, sont transformés en véritables foyers ambulants de propagation de la terrible maladie. Les Tahitiens (malgré les assertions d'écrivains notoires) conservent comme beaucoup de primitifs l'habitude invétérée de se moucher avec les doigts : une partie des mucosités est projetée sur le sol, l'autre souille la main et les doigts et, de là, passe sur les vêtements, la nourriture et tous les objets qui se trouvent en contact avec les mains polluées.

(¹) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 357.

Ce sont les mucosités nasales, contenant les bacilles de la lèpre qui, projetées sur le sol, constituent probablement une des principales causes de contagion. Rapidement desséchées et mêlées aux poussières, elles sont soulevées par les nombreux véhicules qui sillonnent les routes en général et les rues de Papeete en particulier; les automobiles surtout se chargent de répandre dans l'atmosphère les bacilles de la lèpre qui, probablement sans danger chez l'homme sain, trouvent une porte d'entrée quand la muqueuse nasale est ulcérée ou même simplement irritée par un banal coryza.

Jusqu'à ce jour, au laboratoire de l'hôpital de Papeete, la recherche du bacille de la lèpre était généralement effectuée par la méthode Ziehl-Neelsen. Malgré une longue pratique, les résultats étaient quelquefois douteux et exigeaient de nouvelles préparations, de nouveaux examens; d'où perte de temps appréciable.

La coloration par la méthode Cépède donne immédiatement des préparations parfaites qui permettent au bactériologiste d'être affirmatif dans ses conclusions.

Technique. — La technique suivie est exactement celle indiquée pour la coloration du bacille tuberculeux avec légère augmentation du temps de contact au lacto-bleu.

Les frottis de léprome, ou du mucus nasal, fixés par la chaleur sont colorés à chaud par la fuchsine phéniquée avec dégagement de vapeur pendant 5 minutes.

Après avoir écoulé, sans lavage, l'excédent de fuchsine, on porte dans le lacto-bleu Cépède et on laisse quelques minutes. Les meilleures préparations sont obtenues par un contact de 5 minutes; même dans les endroits les plus épais, la coloration rouge a totalement disparu.

Le bacille de la lèpre n'est jamais décoloré, on sait d'ailleurs qu'il résiste beaucoup mieux que le bacille de la tuberculose à l'action des décolorants. On lave à grande eau. La lame n'a plus à l'œil nu qu'une teinte bleue uniforme.

On sèche au buvard et l'on examine avec l'objectif à immersion. Le bacille de la lèpre apparaît avec toute la finesse désirable dans ses particularités cytologiques. Il est le plus souvent en amas considérés comme caractéristiques.

Avantages de cette méthode. — Les avantages de cette méthode de coloration pour le bacille de la lèpre sont ceux signalés par l'auteur pour le bacille de la tuberculose, avec, cependant, quelques réserves pour l'économie de temps, que j'estime, après de nombreuses expériences, peu appréciable. Je crois même que, dans l'ensemble des examens, il faut un peu plus de temps que par les méthodes habituelles. Mais, d'autre part, il n'est pas discutable que ce léger désavantage est largement compensé par la précision des résultats obtenus.

La recherche du bacille de la lèpre ayant généralement pour but de

confirmer un diagnostic, dont les conséquences entraînent pour le malade l'internement dans une léproserie, j'ai cru devoir attirer l'attention des bactériologistes sur cette nouvelle méthode de coloration qui, après de nombreuses expériences, me paraît encore plus avantageuse pour la recherche du bacille de la lèpre que pour la recherche du bacille de la tuberculose.

A 16 heures et quart, la séance est levée.

À 16 heures et demie, l'Académie se forme en comité secret.

COMITÉ SECRET.

La commission chargée de dresser une liste de candidats à la place vacante, dans la division des académiciens libres, par le décès de M. *L. Labbé*, présente, par l'organe de M. le Président, la liste suivante :

En première ligne. . . . . M. le Maréchal **Foch**

En seconde ligne, ex æquo et par ordre alphabétique . . . . MM. **Paul Janet**, **Maurice d'Ocagne**, **Joseph Renaud**, **Albert Robin**, **Eugène Simon**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17 heures et demie.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 NOVEMBRE 1918.

PRÉSIDENCE DE M. P. PAINLEVÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. Schwoerer, de Colmar, correspondant de l'Académie pour la section de mécanique, et à M. Tanakadate, membre de l'Académie impériale des sciences de Tôkyô, qui assistent à la séance.

GÉOLOGIE. — *Sur les couches de passage du Silurien au Dévonien dans le bassin houiller du Pas-de-Calais.* Note (¹) de MM. **Ch. Barrois, P. Pruvost** et **G. Dubois.**

Nous avons utilisé les loisirs forcés d'une occupation ennemie de quatre années, qui nous immobilisa dans l'enceinte de Lille, pour décrire les importantes séries de fossiles siluriens et dévoniens rencontrés depuis 20 ans au cours des travaux de recherche (sondages, fonçages de puits, creusement de galeries) exécutés par les compagnies houillères de Liévin, Lens, Nœux, Béthune, Drocourt, l'Escarpelle, Vimy-Fresnoy, Gouy-Servins, et conservés par nos soins au musée houiller de Lille. L'abondance des matériaux recueillis par les ingénieurs était telle que leur classement n'avançait que lentement : dès 1912, toutefois, Gosselet faisait connaître les Trilobites de Liévin, M. Crépin les Orthocères, M. Leriche les Poissons, Gastropodes, Lamellibranches, tandis que l'un de nous

---

[1] Séance du 4 novembre 1918.

étudiait les Brachiopodes de ce gisement. Le travail commencé ainsi en collaboration dut se terminer avec d'autres collaborateurs : nous avons non seulement terminé l'étude des Brachiopodes de Liévin, mais revisé les déterminations des autres groupes, et englobé dans notre examen l'ensemble des gisements synchroniques du bassin. Cette revue critique nous a permis quelques considérations générales sur le passage du Silurien au Dévonien dans le bassin du Pas-de-Calais.

Découvert par l'un de nous dans cette région, en 1898, au-dessus du terrain houiller, sur lequel il forme une couverture charriée, venue du Sud, arrachée par la *faille du Midi* au fond même du bassin houiller, le terrain silurien nous avait offert les faunes classiques de Wenlock et de Ludlow, dans le pays de Galles. Les formes siluriennes rencontrées paraissaient associées à des espèces connues à Mondrepuits (Ardennes) et réputées dévoniennes. M. Leriche, dans une excellente monographie de ce gisement de Mondrepuits, crut devoir l'assimiler à celui de Liévin et le ranger avec lui dans le Silurien.

L'analyse détaillée des couches siluro-dévoniennes, charriées sur les formations houillères du Pas-de-Calais, nous a permis d'y distinguer un certain nombre de niveaux caractérisés par des faunes distinctes. Plus riches en individus qu'en espèces, accumulés suivant des nappes continues, ces faunes nous ont permis de distinguer une centaine de formes spécifiques distinctes, dont un certain nombre nouvelles pour la science. La succession de ces faunes est la suivante de haut en bas :

GÉDINNIEN SUPÉRIEUR :

1° *Schistes et grès rouges et verts de Vimy* (200^{m} environ). — Cet étage comprend des alternances de schistes et de grès bigarrés, renfermant de nombreux débris végétaux et une faune de poissons ostracodermes, riche et spéciale, encore inédite, qui fera l'objet d'une étude détaillée.

2° *Schistes et grès rouges et verts de Pernes* (épaisseur 200^{m}). — Ces couches, identiques aux précédentes par leurs caractères lithologiques, contiennent une faune de poissons différente décrite par M. Leriche : *Pteraspis Crouchi* Lamk., *Pt. rostrata* Ag., *Cephalaspis Lyelli* Ag. Cet étage affleure à Pernes-en-Artois.

GÉDINNIEN INFÉRIEUR :

3° *Psammites bleus de Liévin* (80^{m}). — Alternances de psammites à Ostracodermes décrits par M. Leriche : *Pteraspis Gosseleti* Ler., *Cyathaspis Barroisi* Ler. et de schistes à faune marine (*Modiolopsis complanata* Salt.).

4° *Schistes à Tentaculites de Méricourt* (23^m, 58 espèces). — Ces schistes bleus, très fins, renferment une faune exclusivement marine d'une richesse extraordinaire, où dominent : *Tentaculites irregularis* Kon., *Retzia Bouchardi* Dav., *Spirifer Mercuri* Goss., *Rensselæria primæva* nob., *Plethorhynchus dunensis* Drev., *Primitia Jonesi* Kon., *Homalonotus Vialai* Goss., *Acaste spinosa* Salt., *Cryphæus Michelini* Rou., etc., la grande majorité des 58 *espèces reconnues* étant d'affinités dévoniennes.

5° *Arkose de Bois-Bernard* (o à 6^m). — Localement, à la base des schistes de Méricourt, s'intercale un mince banc d'arkose blanche à gros grains de quartz, avec tourmaline et microcline.

Gothlandien supérieur :

6° *Grauwacke de Drocourt* (22^m, 63 espèces). — Étage composé de grauwackes et de schistes contenant de gros nodules calcaires à Orthocères. La faune est riche, exclusivement marine, comprenant une majorité de types siluriens (plus de 55 pour 100) où dominent : *Spirifer elevatus* Dalm., *Orthis lunata* Sow., *Grammysia cingulata* His., etc., et de très nombreux Orthocères.

7° *Calcaire d'Angres* (62^m, 32 espèces). — Calcaire bleu, crinoïdique à la base, finement grenu au sommet, à faune marine, renfermant 78 pour 100 d'espèces siluriennes : *Acaste Downingiæ* Murch., *Calymmene Blumenbachi* Bgt., *Leptæna rhomboidalis* Wilk., *Rhynchonella borealis* Schlot, etc.

8° *Calcaire de Liévin* (16^m environ, 6 espèces). — Calcaire crinoïdique bleu, à *Dayia navicula* Sow., *Orthis Edgelliana* Salt., dont la faune renferme uniquement des types siluriens.

La succession stratigraphique est en ce point interrompue par la *faille du Midi* et l'on descend au delà sur le *terrain houiller*.

Cette série sédimentaire siluro-dévonienne est parfaitement *continue*. On ne relève de la base au sommet aucune trace d'émersion ou de discordance. Elle montre, de bas en haut, un *passage insensible* des sédiments franchement marins néritiques, aux dépôts littoraux détritiques, puis franchement saumâtres, tels que les grès bigarrés à Ostracodermes et végétaux. Même évolution insensible de la faune marine qui, franchement silurienne à la base, prend, au niveau des schistes de Méricourt, un aspect dévonien accusé, par l'apparition de types tels que les *Cryphaeus* et les *Rensselæria*. Les faunes successives se remplacent progressivement par la disparition lente des formes siluriennes, par l'addition lente de types plus jeunes.

Comparaison avec le massif gallois. — La coupe du Pas-de-Calais est comparable à celle des terrains siluriens et dévoniens du Shropshire. La comparaison peut être poussée jusque dans les détails, si nous rapprochons la coupe ci-dessus de celle qu'ont donnée J.-E. Elles et J.-L. Slater (¹), des environs de Ludlow. Nous résumerons ce synchronisme sous forme de Tableau; les assimilations proposées sont fondées avant tout sur les caractères des faunes :

Shropshire.		Artois.	
Old Red Sandstone inférieur		Schistes et grès de Vimy.	Gédinnien.
		Schistes et grès de Pernes.	
Passage beds..	Tilestones	Psammites de Liévin.	
	Grès de Downton	Schistes à Tentaculites de Méricourt.	
	[Ludlow bone bed]...	[Arkose de Bois-Bernard].	
Upper Ludlow.	Chonetes-flags	Grauwacke de Drocourt.	Gothlandien.
	Rhynchonella-flags...	Calcaire d'Angres.	
Low. Ludlow.. (pars).	Calcaire de Mocktree..	Calcaire de Liévin.	

En Artois et dans le pays de Galles, la succession est donc rigoureusement la même : on y observe même continuité dans la sédimentation entre le Silurien et le Dévonien, même transformation lente des conditions bathymétriques, depuis les calcaires à Brachiopodes jusqu'aux grès à Ostracodermes. Il faut remarquer, toutefois, que le grès de Downton est représenté en Artois par un dépôt de faciès plus profond, dont la faune marine riche accuse des affinités plus nettement dévoniennes que la faune saumâtre, appauvrie des Passage beds.

Comparaison avec le massif ardennais. — On peut résumer la comparaison entre les terrains siluro-dévoniens de l'Artois et ceux de Belgique de la façon suivante :

(¹) *Quart. Journ. Geol. Soc.*, vol. 52, 1906, p. 195.

	Artois.	Ardenne et Brabant.
Gédinnien supérieur.	Schistes et grès de Vimy..........	Schistes verts de Saint-Hubert.
	Schistes et grès de Pernes........	Schistes bigarrés d'Oignies (et schistes de Fooz).
Gédinnien inférieur.	Psammites de Liévin............	Schistes de Mondrepuits.
	Schistes à Tentaculites de Méricourt.	
	Arkose de Bois-Bernard..........	Poudingue de Fépin.
Upper Ludlow.	Grauwacke de Drocourt..........	[Lacune : ridement de l'Ardenne].
	Calcaire d'Angres................	
Lower Ludlow.	Calcaire de Liévin................	
	[Faille du Midi]	
	....	Schistes de Naninne et de Thimensart.

Les schistes de Mondrepuits sont les équivalents exacts, non de l'ensemble des « couches bleues » à faune marine de l'Artois, comme on l'avait d'abord supposé, mais seulement de leur partie supérieure : des schistes de Méricourt. Alors que ces derniers, en effet, contiennent un grand nombre d'espèces communes avec les schistes de Mondrepuits, la faune de Drocourt n'en renferme que 30 pour 100, celle d'Angres 18 pour 100 seulement et celle des calcaires de Liévin plus aucune.

Malgré la faible distance entre les deux régions, la coupe du massif ardennais, telle qu'on la voit aux affleurements, est bien différente de celle de l'Artois : l'étage du Ludlow supérieur est absent en Belgique; cette lacune correspond au plissement, à l'émersion et à l'abrasion du continent ardennais; le Gédinnien y débute par la discordance classique du poudingue de Fépin.

Conséquences systématiques. — *La limite du Silurien et du Dévonien :* Une difficulté surgit de l'examen de ces trois coupes du Shropshire, de l'Artois et de l'Ardenne. Les schistes de Méricourt, terme équivalent du grès de Downton placé par les géologues anglais au sommet du Silurien, sont synchroniques des schistes de Mondrepuits, rangés par les géologues français et belges à la base du Dévonien. La limite supérieure du Silurien paraît ainsi chevaucher sur la limite inférieure du Dévonien.

Pour trancher cette question de nomenclature une solution a été récemment proposée qui consiste à mettre en doute l'individualité de l'étage gédinnien inférieur de Dumont, à l'incorporer dans l'étage silurien

« Upper Ludlow » et à faire passer la limite du Dévonien en Ardenne, non au point de discordance (poudingue de Fépin), mais à la base des schistes d'Oignies.

Nous croyons préférable de maintenir l'intégrité du système gédinnien, pour les raisons suivantes :

1° *La faune marine du Gédinnien inférieur* offre des *caractères très généraux*, qui se retrouvent des deux côtés de l'Atlantique (Helderberg hills, Ardennes, Artois, Bretagne, Bohème), fournissant une des meilleures preuves de l'*entité stratigraphique* de cet étage.

Le *Downtonien* (passage beds), dont la faune de poissons est aussi très spéciale, n'est que le facies lagunaire du Gédinnien inférieur.

2° La *limite inférieure du Dévonien*, autant pour des raisons paléontologiques et paléogéographiques que pour respecter l'ensemble des lois de priorité, doit être placée *sous le grès de Downton* (Ludlow bone-bed) en Angleterre, *sous les schistes de Méricourt* (arkose de Bois-Bernard) en Artois, et *sous les schistes de Mondrepuits* (poudingue de Fépin) en Ardenne.

Ainsi, tandis qu'à l'époque du Ludlow supérieur se produisaient de grands mouvements orogéniques émergeant le Brabant, le Condros et façonnant l'Ardenne, et provoquant l'accumulation des poudingues de Fépin, non loin de là, à l'ouest, en Artois, dans le Shropshire, des dépôts à faune marine continuaient à s'empiler régulièrement au fond de la mer.

L'invasion de l'Ardenne par les flots transgressifs de la mer qui accumula les poudingues de Fépin à l'époque gédinnienne, n'a pas eu de répercussion sensible sur les conditions physiques qui régnaient en Artois (Méricourt). Pendant ce grand mouvement de transgression, les êtres marins y continuaient leur évolution, mais synchroniquement avec cette invasion de la mer en Ardenne, on observe en Artois l'arrivée d'espèces marines de l'époque dévonienne, qui viennent se mélanger aux survivants de la faune de Ludlow.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'analyse harmonique des courants alternatifs par le galvanomètre de résonance.* Note [1] de M. **André Blondel.**

L'analyse harmonique des courants alternatifs est déjà réalisée au moyen des phénomènes de résonance électrique par les travaux de Pupin [2] et d'Armagnat [3]; mais ces méthodes entraînent d'importantes corrections dont on a signalé récemment la nécessité [4].

J'ai été ainsi amené à étudier le remplacement de la résonance électrique par une résonance purement mécanique, c'est-à-dire à employer un circuit électrique constant (et exempt d'effet Dolezalek) et un instrument de mesure vibratoire pouvant être amené en résonance successivement avec les différents harmoniques de la tension à analyser.

Les galvanomètres vibrants, imaginés et décrits par moi, il y a déjà longtemps [5], ont été utilisés depuis comme appareils *de zéro* pour les courants alternatifs par différents auteurs. Ici, au contraire, je les emploie comme instruments *à déviations*, étalonnés pour l'analyse, en profitant de la propriété qu'ils ont de renforcer l'harmonique avec lequel ils sont en résonance, d'autant plus fortement que leur coefficient d'amortissement est plus faible.

Je considère ici spécialement les galvanomètres vibrants à cadre mobile (réduit éventuellement à un équipage bifilaire). Je résumerai les caractéristiques de cette méthode nouvelle en étudiant parallèlement deux cas particuliers :

a. Le circuit du galvanomètre ne comprend que des résistances non inductives;

b. Le circuit comporte une ou plusieurs capacités en série.

---

(1) Séance du 4 novembre 1918.

(2) Pupin, *American Journal of Science*, 1893, p. 429, et t. 48, 1894, p. 379 et 473; *Trans. of American. Institute of electrical Engineers*, t. 11, 1894, p. 523; *La Lumière électrique*, t. 53, 1894, p. 288.

(3) Armagnat, *Journal de Physique*, t. 1, 1902, p. 345; *L'Éclairage électrique*, t. 30, 1902, p. 373.

(4) Blondel, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1640; de La Gorce, *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, t. 4, 1914, p. 545.

(5) A. Blondel, *Comptes rendus*, t. 116, 1893, p. 502 et 748.

Sensibilité à la résonance. — On appellera, dans ce qui suit, R, L et C la résistance, la self-induction (supposée pratiquement négligeable) et la capacité du circuit du galvanomètre; K le moment d'inertie de son équipage, D son couple directeur; A le facteur d'amortissement mécanique; G la constante galvanométrique ($G = \mathcal{H}SN$); (u_n la tension ou la force électromotrice de l'harmonique de rang n agissant aux bornes du circuit; U_n l'amplitude de cette tension; i_n et I_n les intensités instantanée et maximum correspondantes et traversant le cadre; $\omega = n\Omega$ la vitesse de pulsation du $n^{\text{ième}}$ harmonique.

Enfin, on posera pour plus de symétrie

$$(1) \qquad \frac{1}{A}\left(\frac{D}{\omega} - \omega K\right) = X_n, \qquad \frac{1}{R}\left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right) = Y_n, \qquad \frac{G^2}{AR} = D.$$

On démontre alors que la sensibilité du galvanomètre, que je définirai ici comme le rapport de l'amplitude de l'élongation Θ_n de l'instrument à l'amplitude U_n de la tension correspondante, a pour expression:

$$(2) \qquad S_n = \frac{\Theta_n}{U_n} = \frac{G}{\omega AR\sqrt{(X_n + Y_n)^2 + (Q + 1 - X_n Y_n)^2}}.$$

L'angle de décalage γ_n entre les valeurs instantanées de l'élongation θ_n et de la tension u_n est, d'autre part, donné par

$$(3) \qquad \operatorname{tang}\gamma_n = \frac{Q + 1 - X_n Y_n}{X_n + Y_n}.$$

Le réglage à la résonance s'obtient par une variation, jusqu'à obtention de la sensibilité maximum, du couple de torsion D. Cette variation est obtenue elle-même par modification de la tension des fils (ou du ressort plat) servant à la suspension du cadre ([1]). Au point de vue théorique, la résonance mécanique est caractérisée par un maximum de l'équation (2), donc par un minimum du radical de cette équation par rapport aux éléments variables ([2]) et concentrés dans la quantité X_n définie plus haut ([3]).

([1]) On supposera ici l'amortissement A constant, ainsi que l'inertie K du cadre qu'il n'est pas possible de faire varier pratiquement.

([2]) On considère ici la pulsation ω et l'amortissement A comme des constantes pendant le réglage. On verra plus loin les précautions à prendre dans ce but.

([3]) D'une façon symétrique, on pourrait déterminer les expressions de la sensibilité à la résonance électrique en considérant Y_n comme quantité variable, ou enfin la sensibilité à la résonance électromécanique en faisant varier pour la mise en résonance X_n et Y_n.

La sensibilité $S_{n\,\text{rés}}$ à la résonance mécanique sur le $n^{\text{ième}}$ harmonique est ainsi (après annulation de la dérivée du radical de (2) par rapport à X_n),

$$S_{n\,\text{rés}} = \frac{G}{\omega AR} \frac{\sqrt{1+Y_n^2}}{1+Q+Y_n^2}, \tag{4}$$

expression qui se simplifie comme il suit dans les deux cas particuliers que j'étudie ici, et qui sont définis plus haut.

1° Si le galvanomètre est branché *sur résistance non inductive*, ce qui revient à faire Y_n très petit ou même nul, on a en posant $A' = A + \frac{G^2}{R}$, A' étant l'amortissement total (mécanique et électromagnétique),

$$S_{n\,\text{rés}} = \frac{G}{\omega(G^2+AR)}\left[1+\frac{1}{2}\frac{G^2-AR}{G^2+AR}Y_n^2+\ldots\right] \approx \frac{G}{\omega(G^2+AR)} = \frac{G}{\omega A'R}. \tag{5}$$

La sensibilité à la résonance varie en raison inverse de R, de A′ et de la pulsation. On peut cependant modifier cette sensibilité, en diminuant celle des premiers harmoniques au profit des harmoniques supérieurs par l'emploi d'un shunt convenable, qui modifie R, tout en maintenant l'amortissement électromagnétique constant.

2° L'introduction d'une *capacité* importante dans le circuit du galvanomètre revient théoriquement à faire, dans la formule (4), Y_n très grand et sensiblement (¹) égal à $\frac{1}{\omega CR}$. Cette expression (4) devient alors

$$S_{n\,\text{rés}} = \frac{G}{\omega AR}\frac{1}{Y_n}\left[1-\frac{1}{Y_n^2}\frac{2Q+1}{2}+\ldots\right] \approx \frac{G}{\omega AR}\frac{1}{Y_n} \approx \frac{GC}{A}. \tag{6}$$

La sensibilité à la résonance est proportionnelle à la capacité C, inversement proportionnelle à l'amortissement *mécanique* (²) A et *indépendante de la fréquence*, donc aussi du rang de l'harmonique mis en résonance.

(¹) Cette condition est réalisée quand le circuit électrique, jamais complètement dépourvu de self-induction, présente une fréquence propre très élevée par rapport à celle de l'harmonique étudié (en pratique, la capacité C doit être de l'ordre de $\frac{1}{10}$ de microfarad).

(²) L'amortissement électromagnétique n'a plus d'influence ici parce que les courants induits dans le cadre sont décalés de $\frac{\pi}{2}$ sur le courant principal.

Triage des harmoniques. — La considération de la sensibilité du galvanomètre pour le seul harmonique mis en résonance ne suffit pas. Comme dans les méthodes d'analyse électrique, la résonance mécanique laisse subsister théoriquement au galvanomètre les élongations provenant de tous les autres termes de la tension périodique étudiée. Pour établir l'effet produit par un harmonique non résonant de rang x, quand le galvanomètre est réglé à la résonance sur l'harmonique $n^{\text{ième}}$, il convient de considérer le rapport des deux sensibilités S_x et $S_{n\,\text{rés}}$, et qui caractérise *l'affaiblissement relatif du terme de rang x*. Le triage des harmoniques se fera d'autant mieux que ce rapport sera plus petit. A ce point de vue, les deux méthodes d'emploi du galvanomètre à vibration (sur résistance ou sur capacité) présentent des propriétés très différentes (¹).

On trouve que le galvanomètre monté sur circuit à capacité C produit un meilleur affaiblissement des harmoniques dont le rang x est inférieur à n (rang de l'harmonique en résonance) que le galvanomètre branché sur circuit simplement résistant. C'est l'inverse pour un rang x supérieur à n. En particulier, le terme fondamental ($x = 1$), de beaucoup le plus gênant dans l'analyse harmonique, donne une amplitude qui est sensiblement n fois plus faible par l'emploi d'une capacité que par celui d'une résistance (à égalité d'amortissement A ou A' et de moment d'inertie K).

Ces déductions théoriques sont vérifiées par l'expérience; les deux clichés ci-contre (*fig.* 1) donnent, par exemple, des résultats de l'analyse de l'harmonique 13 de la distribution de Paris (assez pauvre en harmoniques), par ces deux méthodes de résonance mécanique : à gauche le circuit contient une résistance morte; à droite, une capacité. On voit bien que

---

(¹) Voici les expressions générales de ces rapports :

$$(7)\qquad \frac{S_x}{S_{n\,\text{rés}}} = \frac{n}{x}\,\frac{1}{\sqrt{1+\dfrac{n^2\Omega^2K^2}{A'^2}\left(\dfrac{n}{x}-\dfrac{x}{n}\right)^2}} \approx \frac{A'}{\Omega C}\,\frac{n}{n^2-x^2} \quad \text{(en valeurs absolues)}$$

pour le galvanomètre sur circuit à résistance R, et

$$(8)\qquad \frac{S_x}{S_{n\,\text{rés}}} = \frac{1}{\sqrt{1+\dfrac{n^2\Omega^2K^2}{A^2}\left(\dfrac{n}{x}-\dfrac{x}{n}\right)^2}} \approx \frac{A}{\Omega K}\,\frac{x}{n^2-x^2} \quad \text{(en valeurs absolues)}$$

pour le galvanomètre sur circuit à capacité C.

l'utilisation d'un circuit simplement résistant rendrait la précision des mesures assez faible, l'onde fondamentale devenant alors extrêmement prépondérante [1], tandis qu'avec la capacité en série, la sensibilité et le triage sont satisfaisants.

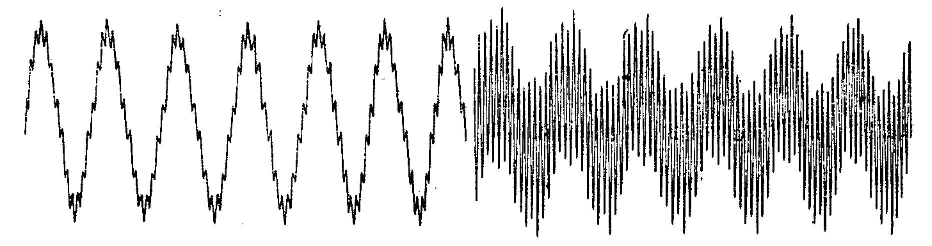


Fig. 1. — Comparaison entre les deux méthodes d'analyse par résonance (harmonique 13). Echelle moitié de la vraie grandeur.

A titre d'exemple, j'indique dans le Tableau ci-dessous les valeurs des amplitudes des harmoniques et les sensibilités du galvanomètre dans les deux montages, après un tarage préalable.

	Galvanomètre de résonance	
	sur résistance.	sur capacité.
Amplitude de l'harmonique en résonance Θ_{13} rés	$3^{mm},25$	$18^{mm},5$
Amplitude du terme fondamental Θ_1	25^{mm}	11^{mm}
Rapport de ces deux amplitudes : $\xi = \frac{\Theta_{13}\text{ rés.}}{\Theta_1}$	0,13	1,68
Sensibilité pour $n = 13$ en mm : volt................	$10^{mm},3$	$58^{mm},5$
» $n = 1$ »	$0^{mm},161$	$0^{mm},071$
Rapport de ces deux sensibilités ζ	63,7	825
Pourcentage de l'harmonique 13 $\times \frac{100\xi}{\zeta}$	0,2041 p. 100	0,2035 p. 100

Les chiffres obtenus à la dernière ligne pour la valeur de l'amplitude de l'harmonique en pour 100 par rapport à l'amplitude de l'harmonique fondamental, sont sensiblement les mêmes dans les deux méthodes, mais il n'en est pas de même du rapport des sensibilités : ce rapport égale $\frac{825}{63,7} = 13$,

(1) Pour les harmoniques supérieurs, on verrait qu'il est facile d'obtenir l'amplitude approximative U_n de la tension rapportée à l'amplitude fondamentale U_1 par simple relevé des deux ondes sur les clichés, en connaissant, en outre, les constantes A et K du galvanomètre [ceci ressort des équations (7) et (8)].

c'est-à-dire qu'il est sensiblement égal au numéro d'ordre de l'harmonique, comme l'indique la théorie.

Le coefficient d'amplification de la sensibilité 63,7 dans le cas du galvanomètre de résonance est très sensiblement égal au rapport de la sensibilité de résonance à la sensibilité statique. Le chiffre 63,7 n'est pas très élevé par rapport à la sensibilité de résonance qu'on peut réaliser pour un galvanomètre de résonance destiné à l'emploi de la méthode de zéro (cas auquel on obtient 200 à 600), mais une résonance très aiguë présenterait des inconvénients qu'on exposera ailleurs.

Corrections à la théorie précédente. — Dans ce qui précède, on a fait diverses hypothèses simplificatrices en admettant la constance de l'amortissement mécanique A et de la résistance en série R. En pratique, les choses ne se passent pas tout à fait ainsi; et des corrections peuvent être nécessitées, au moins pour un calcul de seconde approximation.

Des mesures expérimentales ([1]) nous ont montré que l'amortissement A est pratiquement indépendant de la pression du gaz dans lequel le cadre est plongé. Il ne dépend pas non plus sensiblement de la tension du bifilaire; mais il varie dans de grandes limites avec la longueur de ce bifilaire délimité par l'écartement de ses supports ([2]).

Il conviendrait donc, pour des mesures précises, de définir une fois pour toutes un certain nombre d'écartements de chevalets réservés chacun à l'obtention de certaines fréquences, et de faire l'étalonnement en fonction de la fréquence pour chacun de ces écarts; on peut d'ailleurs tracer une courbe des chiffres ainsi obtenus en fonction des écarts.

D'autre part, les condensateurs industriels donnent lieu à des variations de capacité $\frac{\Delta C}{C}$ et à des pertes par hystérésis diélectrique. Ces pertes par hystérésis peuvent se traduire schématiquement par l'adjonction, à un condensateur parfait, d'une résistance en *dérivation* R_s, ou pratiquement d'une résistance en *série* r ([3]).

([1]) Cf. Blondel et Carbenay, *Annales de Physique*, septembre 1917.

([2]) Cette variation de A n'a pas à intervenir dans les équations précédentes, à condition qu'on règle la mise en résonance par variation de la *tension* du bifilaire en maintenant constant l'écartement des chevalets et des fils du bifilaire. Mais elle doit intervenir quand on veut comparer les conditions de construction de différents appareils de résonance.

([3]) Cf. de La Gorce, *loc. cit.*

Enfin, les fils sont soumis à l'influence de courants parasites qui donnent lieu à des pertes connues sous le nom d'effet Dolezalek.

En pratique, les corrections provenant de l'influence de ces deux dernières causes sont cependant faibles. Elles ne sont en tout cas pas en rapport avec les corrections correspondantes que nécessitent les méthodes de résonance électrique.

La méthode de résonance mécanique sur résistance en série (avec ou sans shunt), n'est exacte que si l'on emploie des fils assez fins pour permettre de négliger les effets Dolezalek dans les résistances ou dans les bobines du shunt; mais ces dernières peuvent elles-mêmes donner lieu à des effets de capacité et à des pertes parasites dans les isolants, dès que la fréquence est élevée. Aussi, en définitive, la méthode la plus recommandable est-elle celle du galvanomètre de résonance monté directement sur condensateur, car les pertes par hystérésis diélectrique ne modifient pas d'une façon sensible les résultats; et la sensibilité à la résonance conserve sa valeur établie dans l'hypothèse d'un condensateur parfait comme le montre une étude théorique.

D'ailleurs, quand on veut étudier les harmoniques supérieurs, seul le galvanomètre vibrant sur condensateur donne alors une suffisante précision.

Remarque. — La méthode d'analyse harmonique par résonance électromécanique, qui consiste à régler à la résonance le galvanomètre vibrant et le circuit électrique sur lequel il est branché, donne pour sensibilité à la résonance l'expression (5) et pour rapport des sensibilités S_x à $S_{n\,\text{rés}}$:

$$\frac{S_x}{S_{n\,\text{rés}}} \approx \frac{A'}{\Omega K}\,\frac{n}{n^2 - x^2} \times \frac{R x}{\Omega L\, n^2 - x^2}. \tag{9}$$

L'affaiblissement des termes non résonants est ainsi bien supérieur à celui que donnent les méthodes de résonance purement mécanique ou électrique. Mais cette méthode, bien que la plus parfaite en principe, exige des étalonnements plus compliqués que chacune des deux autres méthodes de résonance simple.

Toutes ces questions sont étudiées avec plus de détails dans un Mémoire qui va paraître dans un autre Recueil.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un académicien libre, en remplacement de M. *Léon Labbé*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 57,

M. le Maréchal Foch réunit l'unanimité des suffrages.

M. le Maréchal **Foch** est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

Après la proclamation de ce résultat, M. le **Président** prononce l'allocution suivante :

« L'Académie ne s'étonnera pas si, dans une circonstance qui n'a point de précédent dans le passé et n'aura sans doute point d'analogue dans l'avenir, je transgresse une tradition séculaire pour adresser immédiatement le salut de l'Académie des Sciences et l'expression de son admiration au nouvel élu, au vainqueur de la plus grande des guerres, au glorieux soldat entré vivant dans l'histoire.

» Sa puissante logique, la robuste sobriété de ses écrits et de sa parole, cet enchaînement rigoureux des coups multipliés portés à l'ennemi, enchaînement qui a quelque chose d'inexorable comme une suite de théorèmes et qui nous fait songer au vieil axiome platonicien : « Les choses divines s'accomplissent par la géométrie », toutes ces qualités si rationnelles et si françaises expliquent pourquoi l'Académie des Sciences a tenu à honneur d'ouvrir ses rangs au maréchal Foch.

» Saluons, Messieurs, l'heureuse coïncidence par laquelle la minute de cette élection se trouve être celle où tous les gouvernements alliés annoncent à leurs parlements respectifs la signature et les termes d'un armistice, qui constitue l'aveu par l'ennemi de son écrasante défaite, et la consécration définitive de notre victoire. »

MM. **d'Arsonval** et **Ed. Perrier** prennent la parole pour rappeler que c'est M. Painlevé, aujourd'hui président de l'Académie, qui a, comme

ministre de la guerre, nommé, en mai 1917, le maréchal, alors général, Foch chef d'état-major général et le général Pétain commandant en chef de l'armée française. Ils le félicitent d'avoir ainsi associé indirectement l'Académie au choix des deux chefs qui nous ont conduits à la victoire.

M. le **Président** remercie ses deux confrères et l'Académie de leur bienveillante manifestation et ajoute que le double choix dont il a pris alors la responsabilité sera l'honneur de sa vie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture de la dépêche suivante :

Lisboa, 9 novembre 1918.

Recevez chaleureuses félicitations de l'Académie des Sciences Portugal.

Antonio Cabreira,
Secrétaire perpétuel.

MM. **André Chalier**, **P. Chrétien**, **Hugues Clément**, **Louis Fabry**, **Guyénot** adressent des remerciements à l'Académie pour les distinctions qu'elle a accordées à leurs travaux.

M. **H. Perrier de la Bathie** remercie l'Académie de la subvention qui lui a été accordée sur le *fonds Bonaparte*.

Mme Veuve **Samuel Lattès** remercie l'Académie de la distinction accordée aux travaux de son mari.

ASTRONOMIE. — *Sur une méthode permettant la photographie simultanée des étoiles en deux différentes régions du spectre*. Note de M. **Mentore Maggini**, présentée par M. Bigourdan.

La détermination du changement d'éclat des étoiles variables dans des groupes d'ondes choisis, a été imaginée indépendamment par MM. Nordmann

et Tikhoff en vue de déceler une dispersion dans le milieu interstellaire [1]. Les méthodes employées par ces astronomes sont semblables dans leur principe, qui consiste à produire une série d'images monochromatiques de l'étoile dont on détermine l'éclat, mais diffèrent dans leur dispositif, puisque M. Nordmann recourut à l'observation visuelle avec son *photomètre hétérochrome*, tandis que M. Tikhoff employa la méthode photographique. Les résultats obtenus par ces astronomes portaient sur quatre variables rapides : β *Persei*, λ *Tauri*, RI *Persei*, W *Ursæ Majoris*, et tendaient à montrer que les époques des minima ne sont pas tout à fait simultanées pour des régions différentes du spectre.

En vue de poursuivre ces recherches, j'ai entrepris, dès l'année 1915, la détermination des minima monochromatiques et des courbes de lumière d'un certain nombre de variables à changement d'éclat rapide. Le dispositif dont je fais usage et que je vais indiquer sommairement, tend à éliminer les causes d'erreur qui peuvent résulter de l'achromatisme des instruments employés et de la nécessité d'alterner les observations dans les longueurs d'onde choisies.

L'instrument que j'ai employé est le réflecteur Calver de l'Observatoire Ximénien, dont le miroir mesure 35^{cm} d'ouverture, gracieusement mis à ma disposition par le Directeur, P. Guido Alfani. La monture du télescope est newtonienne, avec petit miroir plan à 45°; ce miroir a été enlevé et à sa place, sur son support, j'ai placé un filtre constitué par deux lames en verre travaillées à faces parallèles, renfermant entre elles un liquide coloré. Lorsqu'on vise une étoile, les deux lames du filtre se comportent chacune comme un miroir : les rayons incidents sont en partie réfléchis par la lame antérieure et vont former sur une plaque photographique, à la place de l'oculaire, une première image; une autre partie traverse le filtre; ces rayons sont réfléchis par la lame postérieure et vont former une deuxième image, *colorée*, près de l'image précédente. Suivant l'intensité des rayons incidents et l'indice de réfraction du liquide, on peut avoir un nombre plus ou moins grand d'images *colorées*, dues aux réflexions multiples, alignées avec la première; en général, lorsqu'il s'agit d'une étoile plus faible que la cinquième grandeur, on en a seulement une. Comme la lame antérieure du filtre a deux surfaces réfléchissantes, il en résulte qu'on a deux images en lumière naturelle; par conséquent, il est nécessaire de donner une certaine épaisseur à cette lame afin d'avoir ces images bien séparées.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 148 et suiv.; *Bulletin astronomique*, t. 26, 1909, et t. 27, 1910; *Bulletin de l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg*, t. 21, 1904; *Publ. de l'École des Mines de Ekaterinoslaw*, 1905; *Mitteil. zu Pulkowo*, Bd. II, 1908.

Les filtres dont je fais usage résultent de deux lames, soigneusement travaillées à faces parallèles, ayant 4^{mm} d'épaisseur, maintenues à la distance de 6^{mm} par un anneau métallique formant avec elles une boîte dans laquelle on introduit la solution au moyen d'une pipette.

A cause de l'absorption du liquide, l'intensité de l'image colorée est fort réduite; il faut pour cela que la lame postérieure du filtre soit argentée. Le filtre étant placé sur le support du petit miroir, on comprend que les images données par ses deux lames se forment dans un plan plus ou moins incliné sur l'axe optique du télescope suivant l'épaisseur et l'indice de réfraction du liquide. Il s'ensuit que la plaque photographique doit pouvoir prendre ces positions inclinées.

Aux images données par la lame antérieure du filtre, que nous appellerons *images normales*, correspond une longueur d'onde moyenne qui est fonction du type spectral de l'étoile et de la sensibilité des plaques employées. Aux images données par la lame postérieure correspond la longueur d'onde moyenne du groupe d'ondes qui traversent le liquide.

Je fais généralement usage de quatre filtres dont les solutions laissent passer les longueurs d'onde moyennes suivantes :

Filtre 1............................	$\lambda = 645^{\mu\mu}$
» 2............................	558
» 3............................	412
» 4............................	335

Ce qu'il faut connaître pour ces quatre filtres, c'est le rapport d'intensité de l'image *normale* à l'image *colorée* ou, ce qui revient au même, leur différence en grandeurs stellaires. Si m est la grandeur stellaire de l'image *normale*, m_λ celle de l'image *colorée*, on peut écrire l'identité

$$(1) \qquad m_\lambda - m = \mathrm{K} - \mathrm{J}_\lambda,$$

où K est une constante qui dépend de l'absorption du filtre, et que j'ai déterminée à l'aide de photographies d'étoiles artificielles ou d'étoiles du type spectral A_0; J_λ est une quantité qu'on peut définir comme étant le rapport d'intensité de la région λ à la région de plus grande sensibilité des plaques, c'est-à-dire une quantité qui est fonction du type spectral de l'étoile et de la radiation λ du filtre. Étant données ces conditions on peut considérer J_λ comme une sorte d'indice de coloration : nous l'appellerons *indice de coloration par rapport à* λ. Il en résulte que, pour une étoile dont le type spectral est S, on peut exprimer J_λ avec la somme de termes jadis donnée par Kapteyn à propos de l'indice de coloration, c'est-à-dire

$$(2) \qquad \mathrm{J}_\lambda = \mathrm{J}_{\lambda\mathrm{S}} + \mathrm{J}_{\lambda\mathrm{MS}} + \mathrm{J}_{\lambda\pi},$$

où $J_{\lambda S}$ est l'indice de coloration moyen qui correspond au spectre S de l'étoile, $J_{\lambda MS}$

et $J_{\lambda\pi}$ sont les termes qui dépendent de la grandeur et de la parallaxe. En pratique ces deux derniers termes sont négligeables, de manière qu'il ne reste à déterminer que le principal $J_{\lambda S}$.

J'ai fait cette détermination en photographiant avec mes quatre filtres une trentaine d'étoiles choisies dans les *Yerkes Actinometry* de Parkhurst (¹) comprenant les types spectraux de B_0 à M; la quantité J_λ a été calculée à l'aide de la formule (1). Les courbes qui résultent en prenant les $J_{\lambda S}$ comme abscisses et les types spectraux comme ordonnées sont des lignes droites s'entre-croisant en un point dont les coordonnées sont $J_\lambda = 0$, $S = A_0$, de manière qu'on a les relations suivantes pour les indices de coloration :

$$(3) \qquad \begin{cases} J_{645} = +0,62\,S, \\ J_{558} = +0,38\,S, \\ J_{412} = -0,32\,S, \\ J_{335} = -0,62\,S, \end{cases}$$

où S prend les valeurs -1, 0, $+1$, etc. suivant que le type spectral est B_0, A_0, F_0, etc.

Avec la méthode que je viens de décrire sommairement, j'ai observé jusqu'à aujourd'hui vingt variables, la plus grande partie du type d'Algol, dont j'ai déterminé le changement d'éclat en lumière naturelle et dans les quatre radiations monochromatiques 645, 558, 412, $335^{\mu\mu}$.

Le châssis a été arrangé de manière à obtenir sur une même plaque de seize à vingt images de la variable, dont on a déterminé l'éclat à l'aide d'échelles photométriques spécialement dressées.

Outre maintes caractéristiques dans les courbes de lumière, la comparaison des époques des minima a fourni des données précises à l'égard du phénomène Nordmann-Tikhoff.

ASTROPHYSIQUE. — *Constitution du noyau et de l'atmosphère du Soleil.* Note (²) de M. A. Véronnet, transmise par M. Puiseux.

Les démonstrations faites précédemment pour une masse gazeuse, formée d'un seul gaz, s'appliquent intégralement à un mélange gazeux, si l'on

(¹) *Astroph. Journal*, vol. 36, p. 169-227.
(²) Séance du 14 octobre 1918.

néglige seulement en première approximation les faibles différences entre les coefficients de dilatation et de compressibilité [1]. On peut alors calculer *la composition de la masse en chaque point si on la connaît seulement en un point*. Quand la pression atteint 1500^{atm} environ, les gaz atteignent en même temps le tiers de leur densité limite et la courbe des densités possède là un point d'inflexion brusque, qui délimite nettement le noyau et l'atmosphère. On regardera provisoirement la température comme uniforme.

Pour le *noyau* on peut regarder toutes les molécules comme diatomiques, à cause des fortes pressions. Le poids atomique moyen correspondant à 6000° et à la densité 1,41 serait à peu près de 110, voisin de celui de l'argent, 108. On a fait les calculs en admettant, sur la couche où la pression atteint 1500^{atm}, une proportion de 0,4 d'argent, de 0,1 de fer (56), de 0,1 de calcium (40), de 0,1 de sodium (23), enfin de 0,3 de tantale (180), pour rétablir la moyenne 110. On obtient le Tableau suivant. La densité du Soleil est prise comme unité. Le premier chiffre à droite représente des millièmes.

x (km).	0.	1.	2.	5.	10.	20.	30.	50.	100.	Centre.
Ta.....	0,100	173	220	265	283	291	294	297	300	0,3
Ag....	0,133	200	248	322	361	382	387	390	396	0,4
Fe.....	0,033	42	50	67	82	91	94	97	99	0,1
Ca.....	0,033	40	46	61	75	86	91	95	97	0,1
Na.....	0,033	37	41	51	64	77	84	91	96	0,1
D.....	0,332	492	605	766	865	927	950	970	988	1,0

On voit que la densité a presque doublé sur 2^{km} seulement, passant de 0,332 à 0,605. Elle atteint près de 0,99 à 100^{km} de profondeur, ce qui correspondrait à 1^{km} sur la Terre. La densité est *uniforme* et la composition *homogène* dans toute la masse, à quelques millièmes près, s'il n'intervient pas de phénomènes de condensation liquide.

Dans l'*atmosphère*, en considérant les gaz comme monoatomiques, à cause de la haute température et des faibles pressions, et en admettant sur la couche d'inflexion la même composition que précédemment avec en plus 0,001 d'hydrogène, on obtient le Tableau suivant de la variation de la densité des différents éléments avec la hauteur x en kilomètres. Les densités ont été multipliées par 1000, ce qui donne à peu près les densités par

(1) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 1035, et t. 166, 1918, p. 109.

rapport à l'air (la densité du Soleil étant 1,4 et celle de l'air 0,0013). On a ajouté au bas la densité moyenne D en admettant seulement 0,0001 d'hydrogène.

x (km).	0.	2.	5.	10.	20.	30.	40.	50.	100.
Ta........	100	29	2	10^{-2}	10^{-6}	10^{-10}	10^{-14}	10^{-19}	10^{-40}
Ag........	133	67	17	0,9	10^{-3}	10^{-5}	10^{-8}	10^{-10}	10^{-24}
Fe........	33	25	14	2,7	0,2	0,01	5.10^{-4}	3.10^{-5}	6.10^{-12}
Ca........	33	27	18	8,1	1,1	0,12	14.10^{-3}	16.10^{-4}	3.10^{-8}
Na........	33	30	24	16,3	6,1	1,8	0,57	0,19	3.10^{-4}
H........	1	1	1	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88	0,76
D........	333	179	76	29,0	8,35	2,86	1,48	1,07	0,76
H........	0,1	0,1	0,1	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08
D........	332	178	75	28,9	7,5	2,0	0,67	0,28	0,08

On voit que la densité est tombée déjà à la moitié de sa valeur à 2^{km}, et à moins de 0,01 à 30^{km}. A l'inverse de ce qui se passe dans le noyau, la composition varie également vite. Les vapeurs de tantale, et toutes les vapeurs plus lourdes (iridium, platine, or, mercure, plomb, bismuth, radium, uranium), ne comptent déjà plus dans la densité totale à partir de 20^{km}, celles de l'argent et métaux à poids atomiques voisins (molybdène, palladium, cadmium, étain, antimoine, tellure, baryum), vers 30^{km}. On pourra donc négliger les vapeurs lourdes dans l'étude de la composition de l'atmosphère visible.

Comme l'absorption de l'atmosphère solaire est du même ordre que celle de l'atmosphère terrestre, on peut admettre qu'à la surface de la photosphère la densité de l'atmosphère solaire est voisine de la nôtre. D'après le Tableau, la hauteur de la photosphère au-dessus du noyau serait alors de 50^{km} dans le premier cas, ou de 30^{km} à 35^{km} dans le second, avec 0,1 d'hydrogène. Il semble que les nombres fournis dans ce dernier cas cadrent mieux avec la proportion probable de l'hydrogène et des vapeurs métalliques, fer, calcium, sodium, à la base de la couche renversante.

En passant de 20^{km} au-dessus du point d'inflexion, à 10^{km} au-dessous, on voit que la densité passe de 0,0083 à 0,865, c'est-à-dire de celle des gaz à celle des liquides, avec un accroissement de 110 fois sa valeur pour une profondeur de 30^{km} seulement. Il y a donc une couche de niveau parfaitement définie et stable, qui délimite nettement le noyau, ce qui permet de concevoir l'atmosphère solaire à l'image de la nôtre, selon les idées de Faye.

Nous savons que les nuages descendent plus bas en hiver qu'en été, parce que les mouvements de convection sont plus faibles à température plus basse. Supposons que le Soleil se refroidisse un peu, sa zone de condensation descendra davantage, à 20^{km} par exemple. Les vapeurs lourdes apparaîtront, d'après le Tableau ci-dessus, avec combinaisons possibles, et la couche traversée deviendra 8 fois plus épaisse. Le Soleil prendra les apparences d'un Soleil couchant, c'est-à-dire d'une *étoile rouge*. Remontons dans le passé, sur le Soleil plus chaud la zone de condensation remontait plus haut, à 50^{km} ou 100^{km} par exemple. Le Tableau indique à ce niveau des vapeurs métalliques plus rares et plus légères. Le Soleil présentait le spectre d'une *étoile blanche*.

Enfin on voit que l'atmosphère solaire est formée presque uniquement d'hydrogène, au moins à partir de 100^{km}, et quelle que soit la proportion des vapeurs métalliques. Sa densité tombe d'ailleurs de 0,1 tous les 425^{km} seulement. Elle atteint sa pression limite 8.10^{-12} atm à 4500^{km}, c'est-à-dire 6″,30 en lui attribuant une pression d'une atmosphère à la surface. Or on a observé des vapeurs métalliques jusqu'à 8″ de hauteur. Il faut qu'il s'y trouve un gaz plus léger. En admettant une proportion de coronium de 10^{-6}, avec poids atomique $\frac{1}{4}$, la limite de l'atmosphère solaire sera reportée à 10000^{km}, soit 14″,16 et celle des vapeurs métalliques à 6800^{km}, soit 9″,44. Avec un poids atomique de $\frac{1}{10}$ et une proportion de 10^{-8}, on aurait 24″ et 12″.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur un procédé de dosage des métaux par dépôt électrolytique sans emploi d'une énergie électrique étrangère.* Note de M. **Maurice François**, présentée par M. Charles Moureu.

Si l'on dispose en travers d'un creuset de platine contenant de l'acide sulfurique dilué une tige d'un métal conducteur d'environ 1^{mm} de diamètre et si l'on suspend à cette tige une petite lame de zinc ou d'aluminium courbée en crochet à sa partie supérieure et plongeant par sa partie inférieure dans l'acide sans atteindre le fond du creuset, on constitue une petite pile dont la lame de zinc ou d'aluminium forme le métal attaquable. Si le creuset contient, outre l'acide sulfurique dilué, un sel de mercure, de l'iodure mercurique par exemple, on voit du mercure se déposer sur la paroi du creuset de platine et non sur le zinc. Le courant intérieur de la petite pile peut donc produire un dépôt du métal d'un sel qu'on y a introduit

volontairement et la pesée de ce dépôt peut conduire à un procédé de dosage.

Si l'acide sulfurique est remplacé dans le creuset par un autre réactif susceptible d'attaquer le zinc ou l'aluminium en fournissant un courant, et si le sel de mercure est remplacé par un sel d'un métal électrolysable, l'ensemble des phénomènes constatés reste le même.

J'ai appliqué ces données au dosage de l'argent, de l'or et du mercure, et la persuasion que j'ai que cette méthode peut être étendue à d'autres cas m'engage à la publier.

Pour le dosage de l'argent et de l'or, le liquide producteur du courant est une solution de potasse chargée de cyanure de potassium; pour le dosage du mercure, c'est une solution d'acide sulfurique.

Dans la mise au point de ce procédé de dosage, c'est-à-dire dans les expériences conduites pour trouver les conditions qui permettent d'obtenir des résultats numériques exacts, j'ai éprouvé des difficultés du fait de l'existence d'actions secondaires qui font qu'une petite quantité du métal à doser se dépose sur le zinc ou l'aluminium. Ce fait est dû à l'existence de petits couples électriques constitués par les impuretés du zinc ou de l'aluminium et qui agissent pour leur part, indépendamment de l'action principale qui porte le métal à doser sur le creuset de platine.

Ces actions secondaires ont été évitées par l'emploi exclusif du zinc amalgamé recouvert d'une membrane poreuse constituée par un recouvrement de papier à filtrer.

L'appareil auquel je me suis arrêté comprend donc :

a. Un creuset de platine de 20^{cm^3} à 25^{cm^3} de capacité;

b. Une lame de nickel de $0^{mm},5$ d'épaisseur, 60^{mm} de longueur et 12^{mm} de largeur taillée en fourchette, c'est-à-dire portant sur la moitié de sa longueur une échancrure de 3^{mm} de largeur. Elle est posée sur le creuset et porte la baguette de zinc;

c. Une baguette cylindrique de zinc pur de 5^{mm} de diamètre et 40^{mm} de haut portant, à 3^{mm} environ de l'une de ses extrémités, deux encoches en regard qui permettent de l'engager dans l'échancrure de la fourchette de nickel.

Cette baguette est amalgamée au moins 24 heures avant l'usage et est couverte avant l'emploi d'un papier à filtrer replié et maintenu par un fil à coudre.

Il m'est impossible, faute d'espace, d'indiquer le détail des opérations pour chacun des trois dosages étudiés. Je puis dire seulement que, pour les dosages de l'argent et de l'or, le liquide contenu dans le creuset est formé de :

2^{cm^3} d'eau destinés à dissoudre le sel à doser;
9^{cm^3} de dissolution de cyanure de potassium pur à 100^g par litre;
5^{cm^3} de lessive de potasse à 36° B.;
2^{cm^3} d'ammoniaque à 22° B.

Pour le dosage du mercure, le creuset contient 20^{cm^3} d'une solution d'acide sulfurique à 100^g par litre et $0^g,500$ d'iodure de potassium.

Dans tous les cas, la durée de l'opération est de 24 heures.

Les résultats obtenus sont exacts.

Différentes mesures effectuées au cours de ce travail établissent la nature des phénomènes qui se passent dans le creuset pendant les dosages.

a. Ainsi, si, supprimant la fourchette de nickel, on relie le creuset de platine et la baguette de zinc plongeant dans le creuset à un galvanomètre au moyen de fils de cuivre de forme appropriée, on constate l'existence d'un courant.

b. Au cours des dosages, dans la période où l'élément à doser reste abondant dans le bain qui remplit le creuset, le poids du zinc dissous et le poids du métal à doser déposé sont ceux que font prévoir les lois de Faraday. Ainsi, pour un atome de zinc passé à l'état de solution, il se dépose un atome de mercure.

c. Par la pesée du dépôt métallique produit en un temps déterminé on peut connaître l'intensité moyenne du courant électrique pendant ce temps et en déduire la densité du courant sur le creuset dont la surface couverte par le dépôt métallique est 30^{cm^2}.

Pour l'argent pendant les 45 premières minutes de l'opération, l'intensité moyenne est de 7 milliampères; la densité du courant sur le creuset est de 23 milliampères par décimètre carré.

Pour le mercure, l'intensité moyenne pendant les 45 premières minutes est de 33 milliampères; la densité du courant sur le creuset est de 110 milliampères par décimètre carré.

GÉOLOGIE. — *Sur le synchronisme des dépôts et des mouvements orogéniques dans les détroits Nord-Bétique et Sud-Rifain (Espagne méridionale et Maroc).* Note de M. **Louis Gentil**, présentée par M. Émile Haug.

Mes observations en Andalousie [1], en modifiant l'idée généralement admise sur le fonctionnement du détroit Nord-Bétique, m'ont amené à donner une forme nouvelle aux comparaisons que j'avais établies avec le détroit Sud-Rifain.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 299.

C'est ainsi que, le détroit Andalou étant supposé fermé au Vindobonien (Miocène moyen) ([1]), j'avais envisagé comme un balancement entre les deux communications marines ([2]). Il fallait, en outre, admettre, d'après les travaux de mes devanciers sur l'Espagne méridionale, des différences notables dans la sédimentation des deux bras de mer. Enfin, au point de vue tectonique, il était impossible de faire un rapprochement entre le détroit Nord-Bétique et le détroit Sud-Rifain.

A la suite de mes recherches en Andalousie et de mes dernières études sur le Maroc, je crois pouvoir établir un parallèle plus serré entre les deux communications néogènes qui mettaient en relation l'océan Atlantique et la mer Méditerranée.

Les dépôts des premier et deuxième étages méditerranéens offrent les mêmes faciès (dépôts isopiques) dans les deux détroits.

Dans la vallée du Guadalquivir, en Espagne, comme dans le R'arb et la région de Taza, au Maroc, le Burdigalien (1er étage) est essentiellement détritique, formé de grès plus ou moins grossiers, siliceux ou calcarifères, débutant fréquemment par un conglomérat de base. Cet étage marque le début de la transgression miocène.

Le deuxième étage est représenté, d'abord par une puissante formation argileuse ou marneuse où abondent les Foraminifères. Ce faciès bathyal correspond au maximum d'approfondissement de la communication marine. En Espagne comme au Maroc, ce sous-étage helvétien peut atteindre 300m à 500m d'épaisseur.

Avec le Tortonien réapparaît un faciès néritique du sommet du deuxième étage méditerranéen. Des bancs de grès se montrent d'abord, intercalés à la partie supérieure des marnes helvétiennes; ils deviennent ensuite de plus en plus fréquents et passent insensiblement à une formation gréseuse, puis à des conglomérats qui atteignent une puissance considérable dans le bassin de Grenade (jusqu'à 300m sous l'Alhambra). Dans le détroit Sud-Rifain, les mêmes grès plus ou moins sableux et les mêmes poudingues se montrent dans le R'arb et, dans la moyenne Mlouya, des conglomérats puissants, parfois à gros galets plus ou moins roulés, rappellent la « Blockformation » de l'Alhambra.

Les dépôts détritiques présagent l'avènement d'une période d'*émersion* et marquent le maximum de transgression de la mer miocène.

Au Miocène supérieur se manifeste une régression de la mer.

Les dépôts saumâtres (marnes gypseuses) du bassin de Grenade ont leur équivalent

---

([1]) Voir à ce sujet É. Haug, *Traité de Géologie*, t. 2, p. 1731.

([2]) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 415.

dans la vallée de la Mlouya, où des argiles olivâtres à gypse surmontent le Vindobonien à *Ostrea crassissima* Lam. De même, les calcaires lacustres à *Planorbis Mantelli* Dunker, qui terminent l'étage pontique du bassin de Grenade, ont leur représentant dans les dépôts du détroit Sud-Rifain [1]. Depuis la vallée de la Mlouya jusqu'à Meknès, on peut suivre, par Taza et Fez, une série de lambeaux de calcaires lacustres à *Pirenella bidisjuncta*, Planorbes, Limnées, qui trahissent l'émersion complète de la communication marine du Maroc, au Miocène supérieur.

Ainsi, au point de vue stratigraphique, il convient d'admettre une identité frappante entre le détroit Nord-Bétique et le détroit Sud-Rifain. Les dépôts y sont de même âge et ils offrent, des deux côtés, les mêmes faciès.

La communication entre l'océan Atlantique et la Méditerranée est donc établie, aussi bien en Espagne qu'au Maroc, par la transgression burdigalienne, qui atteignait son maximum au Tortonien. Puis, le retrait de la mer sahélienne, dans le détroit Sud-Rifain comme dans le détroit Nord-Bétique, indiquait la régression de la mer miocène, correspondant à la fermeture simultanée des deux détroits.

Cette impressionnante unité entre l'histoire du détroit Nord-Bétique et celle du détroit Sud-Rifain se complète par la simultanéité des grands mouvements qui ont affecté leurs dépôts.

J'ai montré que les nappes de charriage signalées par René Nicklès et Robert Douvillé, dans la partie orientale du détroit Nord-Bétique, s'étendaient aussi à toute la région occidentale et que l'âge de ces phénomènes de recouvrement peut être fixé, avec une assez grande précision, entre l'Helvétien et le Tortonien [2].

De nouvelles observations viennent confirmer le raccordement des nappes andalouses avec les nappes prérifaines que nous avons mises en lumière, MM. Lugeon, Joleaud et moi, dans le R'arb marocain [3].

C'est ainsi que le Nummulitique dans la région d'Arbaoua et du djebel Sarsar, que je présumais appartenir à une nappe éocène, est bien en recouvrement sur le Néogène, comme l'attestent de belles fenêtres de marnes helvétiennes dans la haute vallée de l'oued Mda.

Là, on voit le Trias gypseux étiré entre l'Helvétien et la nappe nummulitique. De plus, j'ai pu suivre cette nappe éocène jusqu'à la *trouée* de Taza, où de nouvelles

---

(1) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 299.

(2) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 373.

(3) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 217, 290, 472 et 614.

fenêtres de marnes vindoboniennes mettent en évidence le recouvrement du Nummulitique sur les dépôts du détroit Sud-Rifain.

Enfin, nous savons que, de même que celles du détroit Nord-Bétique, les nappes marocaines sont comprises entre l'Helvétien et le Tortonien.

Toutes ces observations complètent, au point de vue tectonique, l'unité qui existe, au point de vue stratigraphique, dans l'histoire des deux détroits espagnol ou marocain.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur le genre* Parkinsonia (*caractères génériques, affinités, espèces*). Note de M. **Constant Nicolesco**, présentée par M. Émile Haug.

Créé, sans diagnose, en 1878, par Bayle ([1]), ce genre (type : *Amm. Parkinsoni* Sow.) fut l'objet de recherches de la part de O. Schlippe, qui, après en avoir exclu les formes connues aujourd'hui sous les noms de *Tmetoceras* Buckm., *Strenoceras* et *Garantia* Hyatt, en donna une diagnose succincte ([2]), revue plus tard par Wetzel ([3]).

En tenant compte des interprétations antérieures, ce genre comprend des espèces ornées, à côtes bifurquées, généralement alternantes et non terminées par des tubercules, aboutissant, sur la région externe, à un sillon plus ou moins profond. Cette définition ne s'applique d'ailleurs qu'à la grande majorité et non à la généralité des cas. Si l'alternance des côtes ne comporte que de très rares exceptions, le sillon médian peut faire défaut chez le jeune et plus rarement dans l'adulte. On doit donc envisager ces deux caractères comme susceptibles de se modifier au cours de l'évolution individuelle.

On a d'ordinaire affaire à des échantillons soit de petite taille, à tours discoïdes, à ombilic large et évasé, à accroissement très lent; soit plus épais, à ombilic plus étroit, à accroissement plus rapide, avec tous les termes de transition possibles. La plus grande épaisseur des tours coïncide quelquefois avec le milieu des

---

([1]) E. Bayle, *Explic. Carte géol. Fr.*, t. 4, Atlas, 1878.

([2]) O. Schlippe, *Die Fauna des Bathonien*, etc. (*Abh. z. geol. Specialk. von Elsass-Lothr.*, 4, n° 4, 1888, p. 203-207).

([3]) W. Wetzel, *Faunistische und stratigraph. Unters.*, etc. (*Palæontogr.*, t. 58, 1911, p. 181-185).

flancs, d'autres fois avec le pourtour de l'ombilic. Chaque tour est recouvert par le suivant sur $\frac{2}{10}$ à $\frac{9}{10}$ de sa hauteur. Les côtes principales sont au nombre de 22 à 58 par tour; elles sont tantôt droites, tantôt fortement infléchies en avant et se bifurquent à une hauteur qui varie de $\frac{5}{10}$ à $\frac{8}{10}$. Les côtes secondaires sont au nombre de 40 à 156; elles sont beaucoup plus infléchies en avant et légèrement renforcées à leur extrémité, mais ne s'épaississent que tout à fait exceptionnellement pour donner naissance à un petit tubercule. Elles rencontrent la ligne médiane sous un angle de 45° à 75°. La section des côtes, à sommet émoussé ou non, dessine soit un pli déversé ou déjeté en avant, soit un pli droit et, dans ce cas, à flancs parallèles ou formant entre eux un angle variant de 90° à 120°. Les tubercules sont tantôt constants, ce qui paraît constituer un caractère ancestral, tantôt sporadiques, et alors comme surimposés, tantôt entièrement absents.

Les constrictions intercostales sont en général assez rares, elles caractérisent certaines espèces, mais peuvent manquer chez certains de leurs représentants. La chambre d'habitation présente en général dans l'adulte une ornementation atténuée. Les matériaux dont je dispose ne m'ont pas permis d'ajouter à celles déjà connues de nouvelles données relatives à la longueur de la dernière loge, ainsi qu'à la forme du péristome, des apophyses jugales et ventrale.

Cette description se rapporte essentiellement à la surface externe de la coquille. Sur le moule interne, l'ornementation est fortement atténuée. Les tubercules, présents sur le test, manquent quelquefois sur le moule. L'atténuation des côtes et des tubercules s'explique par la plus grande épaisseur du test dans ces régions. Par contre, les constrictions sont plus vigoureuses sur le moule, ce qui indique l'existence de varices internes.

La cloison est, dans l'ensemble, plus ou moins inclinée en avant; les lobes auxiliaires forment avec le rayon un angle très aigu. Le lobe siphonal est relativement large, l'antisiphonal se termine par une pointe unique, l'un et l'autre sont légèrement dissymétriques. Les selles primaires et les selles secondaires sont divisées en branches symétriques par des lobes trifides. L'étranglement de la selle externe est beaucoup moins prononcé que celui des selles latérales.

Le développement ontogénique est normal. Le jeune est « coronatiforme ». Les caractères du stade adulte apparaissent à une taille qui varie de 10^{mm} à 200^{mm}. Avec l'âge, l'ombilic se resserre, la hauteur augmente et l'emporte sur l'épaisseur, le maximum de largeur des tours, ainsi que la région de bifurcation se déplacent vers le centre, les tubercules disparaissent. L'angle que forment les côtés secondaires avec la ligne médiane devient plus obtus. Des constrictions apparaissent. Le nombre des côtes principales augmente, puis diminue, pendant que celui des secondaires s'accroît continuellement. On voit en outre apparaître de nouvelles côtes externes, qu'on peut

appeler *intercalaires*, et l'on assiste à la transformation des côtes simples en côtes bifides et bifurquées ou même trifurquées.

L'effacement des côtes commence par une zone déprimée, qui est placée immédiatement au delà de la région de bifurcation. Il s'étend ensuite aux flancs et ne laisse visible, avant la disparition complète de l'ornementation, que l'extrémité des côtes secondaires. La spire des individus de très grande taille est plus ouverte que celle des tours précédents.

J'ai réparti les différentes formes du genre en trois groupes, comprenant chacun un certain nombre d'espèces :

Premier groupe : *P. Bigoti* n. sp.; *P. radiata* Renzemend. Wetz. (Qu., Amm., pl. 71, fig. 19); *P. arietis* Wetz.; *P. subarietis* Wetz.; *P. Orbignyana* Wetz. (*Amm. Parkinsoni* d'Orb. non Sow., Pal. fr., Jur., Céph., pl. 122, fig. 1).

Deuxième groupe : *P. planulata* Qu. (Ceph., pl. 11, fig. 2); *P. depressa* Qu. (Amm., pl. 71, fig. 25); *P. Parkinsoni* Sow. non d'Orb. (Palæontogr. Soc., pl. 5, fig. 2); *P. neuffensis* Opp. (Schloenbach, Beitr. Palæontogr., t. 13, pl. 28, fig. 3).

Troisième groupe : *P. compressa* Qu. (Amm., pl. 71, fig. 34).

Un nombre important de variétés accompagne la plupart de ces espèces. Certaines d'entre elles réalisent des termes de passage entre les différents groupes et espèces.

Il résulte de toutes ces observations que le genre peut être facilement distingué des autres genres voisins avec lesquels il a été quelquefois confondu : de *Strenoceras* et *Garantia* Hyatt, par l'alternance des côtes et par l'absence des tubercules externes, ainsi que par l'ornementation moins vigoureuse, par l'angle plus aigu que forment les côtes externes avec la ligne médiane et par la cloison plus inclinée sur le rayon; de *Bigotites* Nicolesco (1), par la rareté et l'irrégularité des constrictions, par l'absence de « segments évolutifs », ainsi que par la coquille moins épaisse et la bifurcation plus externe des côtes; enfin, et à plus forte raison, de *Perisphinctes* Waag., par la présence du sillon médian, par l'alternance des côtes et par l'absence ou la rareté des constrictions.

(1) Constant Nicolesco, *Sur un nouveau genre de Périsphinctidés* (*Bigotites*) (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, t. 16, 1917, p. 153-179, pl. 4, fig. 1-9).

Mais tous ces caractères différentiels n'ont véritablement qu'une valeur relative et il existe entre les cinq genres quelques formes de passage [1] qui conduisent à leur attribuer une souche commune, bien qu'ils apparaissent déjà tout différenciés au début du Bajocien supérieur. L'aspect « coronatiforme » des tours dans le jeune âge, chez tous les représentants de ces genres, autorise à chercher avec S. S. Buckman, cette origine dans les Cœlocératidés du Lias.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Remarques sur la métamérie des Vertébrés.* Note de M. **J. Chaine**, présentée par M. Edmond Perrier.

Si l'on compare superficiellement la musculature générale du corps des adultes de différents types de Vertébrés, on constate de notables différences.

Chez les Poissons, par exemple, le système musculaire du tronc consiste en segments régulièrement distribués tout le long du corps, séparés les uns des autres par des cloisons conjonctives et par conséquent indépendants, tandis que chez les Mammifères cette régularité ne se présente plus. Chez ces derniers, en effet, des muscles s'étendent d'avant en arrière sur de larges surfaces, comprenant par suite plusieurs segments vertébraux, certains sont longitudinaux, beaucoup sont obliques, s'entre-croisant avec d'autres en diverses directions. Autrement dit, chez les Vertébrés inférieurs adultes, la disposition des muscles au niveau du tronc est rigoureusement métamérique; chez les Vertébrés supérieurs, *elle paraît ne plus l'être*.

Je dis qu'elle paraît ne plus l'être parce que la différence constatée dans la distribution des muscles dans les deux groupes extrêmes de l'embranchement des Vertébrés est, en somme, plus apparente que réelle; pour s'en rendre compte il suffit de s'adresser aux embryons et d'étudier comparativement la phylogénie des muscles.

Je ne reviendrai pas sur les remarques que j'ai faites à ce sujet dans une

(1) Représentées par des *Parkinsonia* à tubercules externes [exemplaire recueilli par moi à Sully (Calvados) dans l'Oolithe ferrugineuse], ou à côtes symétriques (certaines coquilles de très grande taille, à constriction ou non) et par quelques *Garantia* dont les côtes externes possèdent des caractères de *Bigotites* [*Garantia aff. Garantiana* d'Orb., *in* R. Douvillé, *Cosmocératidés* (*Mém. Carte géol. Fr.*, pl. 6, fig. 2)].

précédente Note (¹), ne voulant insister ici que sur quelques points particuliers de façon à mieux les mettre en relief.

L'embryologie nous apprend que chez tous les Vertébrés, la disposition du système musculaire de l'embryon est parfaitement métamérique; chez quelques-uns cette métamérie persiste chez l'adulte de façon très apparente, chez les autres elle s'estompe plus ou moins tôt, mais toujours d'une façon nettement progressive à mesure que les muscles s'individualisent.

C'est exactement ce que nous montre aussi l'Anatomie comparative si l'on jette un regard d'ensemble sur l'embranchement des Vertébrés.

Chez les Poissons, comme je viens de l'écrire, la métamérie musculaire du tronc et de la queue est typique.

Chez les Batraciens, elle est encore fort apparente, surtout chez les Urodèles qui ont conservé des caractères pisciformes assez marqués. Si chez ces êtres, en effet, on enlève avec soin les muscles des membres qui s'étalent sur le tronc, on découvre une disposition de la musculature qui rappelle celle des Poissons, c'est-à-dire des portions musculaires régulièrement placées les unes derrière les autres et séparées par des cloisons conjonctives ou intersections tendineuses. Cette disposition peut être plus marquée ventralement que dorsalement, surtout chez les Anoures, par suite de l'organisation des grands muscles longitudinaux dorsaux.

Chez les Reptiles, en se plaçant dans les mêmes conditions, on fait une constatation identique, mais la métamérisation du système musculaire y est plus ou moins nette suivant les groupes envisagés. Chez les Serpents, par exemple, elle est fort apparente, tandis que chez les Chéloniens elle l'est beaucoup moins par suite de la constitution si particulière de ces êtres.

Chez les Mammifères, la même opération conduit au même résultat. Prenons un quelconque d'entre eux, enlevons-lui délicatement les muscles des membres thoraciques qui s'étalent sur le tronc (grand dorsal, dentelés, muscles scapulaires, etc.), nous sommes frappés par l'aspect métamérique net que présente le reste de l'appareil musculaire et cela aussi bien au niveau du thorax (muscles costaux régulièrement séparés par les côtes) qu'à celui de l'abdomen (grand droit coupé par ses intersections tendineuses, etc.). Dans la région dorsale, encore ici, la métamérie est moins marquée par suite de la présence des grandes formations longitudinales qui s'y rencontrent.

(¹) J. Chaine, *Contribution à la phylogénie des muscles* (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 649).

Chez l'Oiseau même disposition, bien que peut-être moins nette que chez le Mammifère.

Donc, en résumé, si l'on enlève du corps des Vertébrés les muscles des membres qui s'étalent sur le tronc et lui forment une sorte de revêtement superficiel, on découvre toujours et partout une disposition métamérique de la musculature, plus ou moins affectée suivant les cas, mais toujours présente; cette segmentation musculaire peut être masquée vers le dos, surtout au niveau de la région abdominale.

Tout ceci s'explique d'ailleurs fort bien d'après ce que j'ai exposé dans ma dernière Note à l'Académie.

Les muscles des membres sont des formations nées par le bourgeonnement des myotomes des segments dont le membre dépend et *qui se sont étendues bien au delà de leur point d'origine* par suite de l'importance qu'a prise l'organe en voie d'évolution; l'Anatomie comparative nous apprend, en effet, que ces muscles sont d'autant plus grands que le membre est plus puissant. Ces muscles sont donc comme surajoutés à la musculature générale du tronc et, par conséquent, ne peuvent pas appartenir à la métamérie générale du corps.

Quant aux longs muscles dorsaux chez lesquels la métamérie n'est pas apparente ou bien ils ont pris naissance dans un seul myotome qui, alors, a bourgeonné en avant ou en arrière, ou bien ils se sont constitués aux dépens de plusieurs myotomes consécutifs avec régression des cloisons conjonctives séparant ces derniers comme cela se présente si souvent et comme j'ai eu l'occasion de le montrer avec détails pour le digastrique de plusieurs espèces.

Je puis donc conclure en disant que la métamérie du système musculaire du tronc des Vertébrés adultes est générale et que si, dans certains groupes, elle n'est pas apparente au premier abord, c'est qu'elle est masquée par des parties surajoutées ou qu'elle est dissimulée par la régression de cloisons conjonctives.

Cette disposition de l'adulte correspond parfaitement à la disposition même que présente les embryons.

Or, quand on sait le retentissement considérable que le système musculaire des Vertébrés a sur l'organisation de ces êtres, on conçoit l'importance que doit avoir cette métamérie constante et régulière sur la constitution des divers représentants de cet embranchement. Et l'on ne peut s'empêcher de penser combien cela est en concordance remarquable avec la conception du Vertébré qu'en a donnée Edmond Perrier à une époque déjà bien

éloignée et où il ne possédait certainement pas les renseignements que nous avons aujourd'hui. On ne peut donc être que très vivement frappé par la sûreté de vue avec laquelle une telle manière de voir a été formulée.

MÉDECINE. — *Un vaccin curatif de la grippe*. Note de M. **Casimir Cépède**, présentée par M. Edmond Perrier.

Dès l'apparition en France de l'épidémie de grippe actuelle, nous avons étudié la bactériologie des selles, des crachats, du sang, des liquides pleurétiques de malades pour lesquels la clinique avait porté le diagnostic de grippe.

Sans discuter ici de l'existence d'un agent spécifique, nous noterons les grandes variations, tant en espèces qu'en nombre, des éléments parasitologiques que nous avons rencontrés. A notre avis, la diversité des agents pathogènes suffirait amplement à justifier les tableaux cliniques différents et les gravités de tous les degrés observés dans l'épidémie actuelle.

Crachats. — Laissant de côté les éléments inconstants de cette flore (Coccobacille de Pfeiffer, Pneumobacille de Friedlander, Oïdium et Monilia, Spirochète bronchial de Castellani, etc.), nous avons étudié la biologie des espèces que nous y observions constamment.

Ces espèces, normalement saprophytes, sont le Pneumocoque, l'Entérocoque et le Streptocoque.

Pour nous, la biologie de toute espèce bactérienne pathogène cultivable fournit les éléments nécessaires et suffisants de la vaccinothérapie des affections qu'elle engendre. Partant de là, nous avons éliminé les toxines dangereuses de ces différents microbes et nous avons obtenu un vaccin curatif efficace et absolument sans danger.

Préparation du vaccin. — Les trois espèces bactériennes (Pneumocoque, Entérocoque, Streptocoque) de provenances différentes, sont cultivées sur gélose bouillon peptone pendant 24 heures, le milieu de culture étant à la partie inférieure de la boîte de Roux. Le lendemain matin, les boîtes sont retournées, gélose en bas; ainsi, la surface se dessèche légèrement et les bactéries y adhèrent fermement.

A la fin du deuxième jour, un premier lavage élimine les exotoxines. De

suite après, un deuxième lavage, suivi de macération et de forte agitation, détache les colonies qui sont immédiatement tuées par 30 minutes d'ébullition. Après standardisation à 100000000, le vaccin est mis en ampoules.

Doses. — La dose minima est de 1^{cm^3}.

Cette dose, qu'on applique aux cas graves et qu'on administre normalement aux enfants, peut être largement dépassée, sans aucun inconvénient, ainsi que l'a démontré l'application aux malades. Dans des cas graves, 6^{cm^3} ont été appliqués quotidiennement par doses successives de 1^{cm^3} et ont amené la guérison.

Résultats. — La vaccinothérapie est d'autant plus rapidement efficace qu'elle est appliquée d'une manière plus précoce. Il est incontestable que le patient doit avoir la force suffisante pour répondre à l'action vaccinale.

Cas typiques :

M. C., 36 ans, première température, à 9^h du soir : 39°,8. Injection de 1^{cm^3} :

A 7^h le lendemain, température	39°,5
A 3^h du soir, »	38,4
A 7^h le lendemain, »	37,4

le soir, 37°,7 ; 7^h le lendemain, 37°,4. (*Aucune autre médication pendant toute la maladie.*)

Mlle M., 10 ans et demi. Après quatre jours d'oscillation entre 39° et 40°, saute de température à 40°,5.

	Températures	
	du soir.	du lendemain matin.
2^{cm^3} vaccin	40°,2	39°,1
2^{cm^3} »	40	38,2
2^{cm^3} »	40	37,5
1^{cm^3} »	38,3	37

le soir, 37°,7 ; matin, 36°,8; soir, 37°,2; depuis la température est normale.

Mme D., 33 ans, atteinte le 15 octobre avec 38°,7 a le lendemain 39°,9. A partir du 17, elle a chaque jour 40° et 40°,2.

Le 22 octobre, une piqûre de 1^{cm^3} à 19^h; le 23 à 5^h du matin, 39°,3, 2^{cm^3} de vaccin, température 38°,7 qui se maintient quelques jours puis baisse régulièrement pour tomber à 37°,2 ou 37°,3 le matin et 37°,5 le soir.

MÉDECINE. — *Modifications sous l'influence du temps du sérum humain, normal ou syphilitique.* Note de M. **Roger Douris**, présentée par M. Roux.

M. Vernes [1] a montré que le sérum syphilitique peut être distingué du sérum normal au moyen d'un réactif constitué par une suspension colloïdale organique spécialement appropriée. Les « degrés de floculation » qui résultent de l'action mutuelle de ces deux colloïdes (sérum et réactif) sont appréciés indirectement au moyen d'un phénomène d'hémolyse.

Or, de ces deux milieux, le réactif présente un état colloïdal qu'on peut régler à volonté et avec précision au moment de l'emploi. Par contre, indépendamment des causes biologiques ou pathologiques qui déterminent, en principe, l'état colloïdal [2] du sérum à examiner, on pouvait se demander si, entre autres facteurs [3], l'âge de ce sérum, c'est-à-dire l'ancienneté de son prélèvement, n'exercerait pas une influence particulière et telle qu'elle puisse être la cause d'une erreur de diagnostic.

Pour étudier cette influence de l'âge du sérum sur le séro-diagnostic, j'ai utilisé la méthode de Vernes en raison de la sûreté avec laquelle elle permet de régler la séro-réaction.

Dans ce but, différents sérums étaient recueillis dans des conditions aussi aseptiques que possible et conservés à la glacière dans de petits tubes bien bouchés.

Toutes les semaines, on distribuait dans des tubes deux prélèvements de $0^{cm^3},2$ de chaque sérum, de façon à faire pour chacun d'eux une séro-réaction complète et un témoin suivant la méthode de M. Vernes [4]. Chaque fois l'expérience comportait les autres tubes de contrôle pour s'assurer que chacun des réactifs, qui entrent en jeu, exerce sa fonction normalement. La comparaison des résultats obtenus, exprimés par les chiffres correspondants de l'échelle colorimétrique [5], met en évidence une transformation régulière, sous l'influence du temps, des sérums nor-

---

(1) A. Vernes, *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 575; t. 167, 1918, p. 383.

(2) M. J. Duclaux (Thèse de doctorat ès Sciences physiques, Paris, 1904) a montré que les colloïdes étaient en voie continuelle de transformation (non réversible).

(3) L'addition de petites quantités d'acides, d'alcalis, de certains sels, de matières organiques (albuminoïdes par exemple) amène de grandes perturbations dans les séro-réactions de la syphilis.

(4) Vernes, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 383.

(5) Vernes, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 500.

maux (teinte n° 8) en sérums présentant les caractères des sérums syphilitiques (teinte n° 0).

Un sérum normal, par exemple, donnera la teinte correspondant au n° 5 de l'échelle au bout de 8 jours, la teinte n° 2 au bout de 15 jours et la teinte n° 0 au bout de 21 jours. Ce phénomène est général, mais le temps nécessaire pour passer de la teinte n° 8 (hémolyse maximum) à la teinte n° 0 (absence d'hémolyse) varie selon les sérums normaux examinés.

On peut même aller plus loin et suivre les modifications des sérums en notant les variations d'hémolyse dans les tubes « témoins-sérums » (sans péréthynol). C'est ainsi que si l'on compare, à des intervalles de temps égaux, les résultats de séro-réactions faites avec du sérum normal ayant acquis les caractères syphilitiques et un sérum syphilitique, on observe parallèlement dans les deux cas l'absence d'hémolyse (teinte n° 0) dans les tubes à séro-réaction, et une diminution graduelle de l'hémolyse dans les tubes témoins. Finalement on constate l'absence d'hémolyse dans les tubes témoins, quel que soit le sérum considéré.

Pour arriver au résultat (teinte n° 0 avec témoin teinte n° 0) les sérums normaux mettent à partir de leur prélèvement plus de temps que les sérums syphilitiques. Cette différence entre les deux sortes de sérums est à rapprocher de « l'écart de stabilité » sur lequel M. Vernes [1] a attiré l'attention.

Les transformations ci-dessus semblent être en relation avec les modifications de l'état colloïdal et de l'ionisation des sérums sous l'influence du temps. Le même phénomène se produit pour les sérums chauffés et est plus rapide à la température ordinaire qu'à celle de la glacière. Le fluorure de sodium ajouté au sérum, à la dose de 1^{mg} à 2^{mg} par centimètre cube, retarde légèrement cette transformation.

Conclusions. — 1° Le tréponème pâle détermine, dans le sérum des syphilitiques, des modifications analogues à celles que l'influence du temps provoque dans le sérum normal.

2° L'âge des sérums est un facteur dont on doit tenir compte dans les conditions de réglage de la séro-réaction de la syphilis.

A 16 heures un quart l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 17 heures et demie.

A. Lx.

---

(1) A. Vernes, *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 769, et t. 167, 1918, p. 383.

ERRATA.

(Séance du 26 août 1918.)

Note de M. *Michel Plancherelle*, Sur l'unicité du développement en série de polynomes de Legendre :

Page 326, ligne 12, ajouter au second membre le facteur $\frac{1}{l}$.

Page 327, ligne 26, *au lieu de* petite, *lire* grande.

(Séance du 28 octobre 1918.)

Note de M. *E. Carvallo*, Sur l'annulation du coma dans les lentilles :

Page 642, formules (4) et (5) et deuxième équation de la page 643, *au lieu de* $1-\frac{\varepsilon}{p}+\frac{\varepsilon_1}{p_1}$, *lire* $1+\frac{\varepsilon}{p}-\frac{\varepsilon_1}{p_1}$.

Page 643, ligne 8, *au lieu de* $1-\frac{\varepsilon'}{p}+\frac{\varepsilon_\lambda}{p_\lambda}$, *lire* $1+\frac{\varepsilon}{p}-\frac{\varepsilon_\lambda}{p_\lambda}$.

Page 643, ligne 14, *au lieu de* $\frac{-\varepsilon_\lambda}{p_\lambda}$, *lire* $\frac{+\varepsilon_\lambda}{p_\lambda}$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 NOVEMBRE 1918.

PRÉSIDENCE DE M. P. PAINLEVÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** adresse ampliation du décret qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. le Maréchal **Foch** pour occuper, dans la division des académiciens libres, la place vacante par le décès de M. *Léon Labbé*.

M. le **Président** donne lecture de ce décret et s'exprime ensuite en ces termes :

Monsieur le Maréchal,

C'est pour l'Académie une joie et une fierté profondes de vous souhaiter la bienvenue. Et qu'il me soit permis de mêler à l'expression de ces sentiments le souvenir personnel des longs mois où il m'a été donné de collaborer avec vous. Ensemble, nous avons connu des jours difficiles, auxquels vous faisiez face avec cet optimisme perspicace et cette robuste intrépidité qui vous sont propres. Je ne puis me rappeler sans émotion ce matin de novembre 1917, où je vous ai dit adieu dans la petite gare de Lombardie, d'où vous partiez pour le quartier général italien, vers ce fleuve, la Piave, dont le nom était dans toutes les bouches et dont le sort nous causait tant d'angoisses. Vous partiez là-bas seul, nos légions encore en arrière, seul, mais avec votre prestige de vainqueur de l'Yser et votre coup d'œil de chef. Et, quelques jours après, sur les bords de la Piave, le miracle de l'Yser se

renouvelait. Depuis lors, vous avez accompli d'autres merveilles. Vous avez arrêté, puis refoulé les hordes cruelles et arrogantes qui, déjà, croyaient tenir Amiens, détruire Paris; sous vos coups redoublés, vous avez fait tomber en poussière leur cuirasse de béton qui se croyait indestructible, puis, vous les avez fait tomber à genoux sur place. Aujourd'hui, nos armées atteignent Metz, Strasbourg, le Rhin, — noms magiques —, sans qu'aucune résistance ose désormais s'opposer à leur marche. Le rêve dans lequel les hommes de nos générations ont été élevés, enfants et jeunes hommes, et que nous craignions de ne pas voir réalisé avant de disparaître, il est là, nous le vivons. Par votre génie, c'est la France, si longtemps courbée sous le poids d'une défaite imméritée, qui connaît la gloire de mener à la victoire les armées de la civilisation.

Il y a cent vingt-deux ans, l'Académie des Sciences accueillait dans son sein le vainqueur d'Arcole et de Rivoli; aujourd'hui, pour reprendre les paroles lapidaires que vous adressiez hier aux soldats de la République, nous saluons en vous, monsieur le Maréchal, le vainqueur de la plus grande bataille de l'Histoire et le défenseur victorieux de la plus noble des causes : la liberté du monde.

M. Appell, en présentant à l'Académie la deuxième édition du *Précis de Mécanique rationnelle*, qu'il a publié en collaboration avec M. Dautheville, s'exprime comme il suit :

Cette édition est loin d'être une réimpression pure et simple de la première. Sans parler des perfectionnements de détail, je me bornerai à indiquer que deux Chapitres nouveaux, relatifs, l'un aux éléments de la *Statique graphique*, l'autre à ceux de la *Résistance des matériaux*, ont été ajoutés; les exercices ont été renouvelés en grande partie.

Le volume est dédié à la mémoire du capitaine d'Artillerie Albert Gauthier-Villars, mort à son poste de commandement, le 14 juillet 1918.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un correspondant pour la section de botanique, en remplacement de M. *Grand'Eury*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 44,

M. Battandier	obtient	27 suffrages
M. Leclerc du Sablon	»	14 »
M. Houard	»	2 »
M. Sauvageau	»	1 suffrage

M. J.-A. **Battandier**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. **Velu** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

Mme **Henry Billet** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux de son mari.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les groupes* complexes *de rationalité et sur l'intégration par quadratures*. Note de M. **Jules Drach**.

I. La théorie d'intégration des équations linéaires aux dérivées partielles que j'ai développée sous le nom de *théorie de la rationalité* ou d'*intégration logique* (1), amène à définir les transcendantes les plus simples $Z_1, \ldots, Z_n$ qui satisfont à une équation

$$(a) \qquad X(z) = \frac{\partial z}{\partial x} + A_1 \frac{\partial z}{\partial x_1} + \ldots + A_n \frac{\partial z}{\partial x_n} = 0,$$

où les A appartiennent à un domaine de rationalité [R], par un système *normal* (Ω) :

$$J_i = \frac{l_i}{l_{k+1}} = -\frac{\Delta_i\left(x, \dfrac{\partial z}{\partial x}\right)}{\Delta\left(x, \dfrac{\partial z}{\partial x}\right)} \qquad (i = 1, \ldots, k),$$

(1) Cf. *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 192, et *Proceedings* du Congrès international des Mathématiciens, Cambridge, 1912.

où les l_i sont des polynomes en Z, $\frac{\partial Z}{\partial z}$, …, les Δ des polynomes en $\frac{\partial z}{\partial x_i}$, …, dont les coefficients appartiennent à [R]; les variables z n'intervenant qu'*en apparence*.

Les J_i sont les invariants différentiels, rationnellement distincts, d'un groupe de transformations des Z qui est le *groupe de rationalité* (Γ) de l'équation (a); les l_i sont les invariants *relatifs* du même groupe.

Le système *résolvant* dont dépendent les J_i, admet une solution rationnelle et une seule. On sait que les l_i subissent, pour toute transformation des z, une transformation linéaire; le système résolvant correspondant est donc linéaire.

Le groupe Γ est, en général, un groupe *complexe*, qui comprend un certain *noyau* Γ_0, engendré par des transformations infinitésimales, au sens de Lie, et par un groupe fini de transformations permutables avec Γ_0.

Cette observation entraîne, *dans la recherche des cas de réduction d'une équation* (a) *en partant de l'étude d'un élément*, J_i ou l_i, des conséquences à signaler :

Si l'on forme pour un élément J, fonction rationnelle des $\frac{\partial Z_i}{\partial x_k}$, … (ou polynome), le système résolvant (Σ) dont il dépend, ce système admet également comme solutions un nombre limité d'éléments *homologues* de J, qu'on déduit de ce dernier par un mécanisme régulier.

Ces éléments homologues, regardés comme dépendant des variables $\frac{\partial Z_i}{\partial x_k}$, …, ne sont pas fonctionnellement distincts : ils sont liés par des relations algébriques identiques (*syzygies*). Ils comprennent toujours les fonctions qu'on peut déduire de J par une permutation des Z_i.

Le système résolvant (Σ) peut admettre une seule solution rationnelle; mais il peut se faire aussi bien que (Σ) possède un nombre limité, q, de solutions liées algébriquement à [R]. Le nombre q est *normalement* au plus égal à celui des éléments *homologues* de J $\{$ c'est-à-dire que, sans qu'il en résulte des relations d'*égalité* entre les coefficients A_i et leurs dérivées, tous les homologues de J peuvent être algébriques dans [R] $\}$; s'il est plus grand, (Σ) est dit *singulier*.

C'est l'existence de ces solutions algébriques et des permutations qui les échangent qui fait qu'un groupe de rationalité Γ peut être *complexe*.

Quelques exemples simples éclaireront ces généralités.

II. Soient

$$X(z) = \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial y} y' + \frac{\partial z}{\partial y'} \varphi(x, y, y') = 0 \tag{1}$$

l'équation qui correspond à une équation différentielle ordinaire du second ordre, u et v deux solutions de (1) formant un système fondamental.

Si l'on forme la résolvante pour la fonction $\mu = \frac{\partial u}{\partial y} : \frac{\partial u}{\partial y'}$, c'est-à-dire, $X(\mu) = \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \frac{\partial \varphi}{\partial y'}\mu - \mu^2$; cette résolvante peut avoir une solution rationnelle, auquel cas la solution u est définie par un système complet isolé, mais elle peut posséder aussi les deux solutions algébriques :

$$\mu_1 = \alpha + \sqrt{\Delta}, \qquad \mu_2 = \alpha - \sqrt{\Delta},$$

où α et Δ sont rationnels, Δ n'étant pas carré d'une fonction de [R].

Le groupe de rationalité, complexe, devient imprimitif par l'adjonction de $\sqrt{\Delta}$; les trois invariants relatifs $\frac{\partial u}{\partial y}\frac{\partial v}{\partial y}$, $\frac{\partial u}{\partial y}\frac{\partial v}{\partial y'} + \frac{\partial u}{\partial y'}\frac{\partial v}{\partial y}$, $\frac{\partial u}{\partial y'}\frac{\partial v}{\partial y'}$ sont homologues. On fixerait aisément des cas où l'intégration s'achève par quadratures. Si l'équation (Σ) admet plus de deux solutions algébriques, elle est *singulière* dans [R].

III. *Equations différentielles linéaires*. — Ces remarques s'appliquent à la théorie classique donnée par M. E. Picard pour les équations différentielles linéaires : elles ne sont pas nouvelles ici et les exemples d'éléments homologues surabondants, liés par des relations algébriques, sont bien connus. Cependant certaines conséquences de l'existence des groupes complexes de rationalité ne paraissent pas avoir retenu l'attention.

a. Par exemple une équation linéaire d'ordre n à coefficients rationnels dans [R] peut admettre toutes les solutions d'une autre équation de même nature et d'ordre moindre, auquel cas elle est *réductible* au sens de Frobenius, mais elle peut aussi posséder toutes les solutions de q équations d'ordre p, algébriquement liées au domaine [R], pourvu que n surpasse pq. L'adjonction d'une fonction algébrique du domaine [R], de degré q inférieur à n, réduit alors l'équation donnée à une équation d'ordre $n - pq$. On forme ainsi sans difficulté l'équation linéaire du quatrième ordre à coefficients rationnels, qui admet toutes les solutions de deux équations du second ordre avec une irrationnelle quadratique; ces dernières s'écrivent

$$y'' + \left(\frac{3}{2}\frac{\Delta'}{\Delta} + \frac{P'}{P}\right)y' + \left(P + \frac{3}{2}\frac{P'}{P}\frac{\Delta'}{\Delta} - \frac{P''}{P} + \frac{P'^2}{P^2}\right)y + \sqrt{\Delta}\left(y' + \frac{P'}{P}y\right) = 0,$$

où P et Δ sont quelconques mais *rationnels dans* [R] sans que $\sqrt{\Delta}$ le soit.

b. Si l'on considère une équation du second ordre, à coefficients rationnels dans [R] : $y'' + 2py' + qy = 0$, on sait que la résolvante en $\frac{y'}{y} = \rho$ est

$$\rho' + \rho^2 + 2p\rho + q = 0.$$

Cette équation peut avoir une solution rationnelle, mais elle peut posséder aussi deux solutions algébriques :

$$\rho_1 = \alpha + \sqrt{\Delta}, \qquad \rho_2 = \alpha - \sqrt{\Delta},$$

et l'on détermine aisément p et q, en laissant α et Δ rationnels et arbitraires dans [R]. On peut même supposer $p = 0$.

c. De même, la résolvante en $\frac{y'}{y} = \rho$ relative à une équation du troisième ordre, peut admettre deux solutions $\rho = \alpha \pm \sqrt{\Delta}$, où α, Δ appartiennent à [R] et l'équation linéaire s'intégrera alors par quadratures. On peut même supposer nul le coefficient de y'' et l'on aura des formes très simples pour les intégrales.

Il semble donc que la considération des groupes de rationalité *complexes* fasse apparaître *des catégories nouvelles d'équations intégrables par quadratures*, les équations signalées jusqu'ici étant relatives au cas où le groupe de rationalité est *intégrable* au sens de Lie, c'est-à-dire engendré par ses transformations infinitésimales.

On formerait aisément les nouveaux types où la nature arithmétique de n intervient. Par exemple si $n - i = pq$, il existe des cas où l'adjonction d'une irrationnelle d'ordre q peut donner q équations intégrables au sens de Lie et d'ordre p; il restera une équation d'ordre i qui peut être aussi intégrable.

Je reviendrai ailleurs, en détail, sur ces divers points.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions polygonales périodiques.* Note de M. TRAJAN LALESCO.

On peut appeler ainsi les fonctions dont le diagramme dans l'intervalle fondamental est composé de segments rectilignes formant une ligne brisée d'ailleurs quelconque (pouvant contenir des segments verticaux).

Ces fonctions se rencontrent fréquemment dans la Physique mathéma-

tique, particulièrement en Electrotechnique. Elles sont évidemment aussi à la base de la théorie des fonctions d'une variable réelle. Employées avec succès par MM. Volterra, Lebesgue et tout récemment par M. D. Jackson dans l'étude de l'approximation des fonctions de variable réelle, elles admettent un développement de Fourier remarquable qui me semble présenter un intérêt à la fois théorique et pratique.

On peut établir à leur sujet, les théorèmes suivants :

I. Soit une fonction polygonale dont le diagramme n'est formé que de segments horizontaux et verticaux (fonction à sauts); soient $\sigma_0, \sigma_1, \ldots, \sigma_p$ les sauts qu'elle présente aux points $x_0 = 0, x_1, \ldots, x_p = 2\pi$ et qui la caractérisent. Le terme général du développement de Fourier de cette fonction est

$$\frac{1}{\pi}\sum_{k=0}^{p}\sigma_k\frac{\sin n(x-x_k)}{n}.$$

II. Soit une fonction polygonale *continue*, dont le diagramme est formé par des segments rectilignes quelconques; soient $\tau_0, \tau_1, \ldots, \tau_q$ les écarts angulaires que présente la fonction aux points $x_0 = 0, x_1, \ldots, x_q = 2\pi$ et qui, à une constante près, la caractérisent. (J'appelle *écart angulaire* le saut brusque du coefficient angulaire dans un point à tangente discontinue.) Le terme général du développement de Fourier de cette fonction a pour expression

$$\frac{1}{\pi}\sum_{k=0}^{q}\tau_k\frac{\cos n(x-x_k)}{n^2}.$$

III. La loi générale est maintenant évidente. Parcourons le périmètre du diagramme, en partant du point O et allant jusqu'au point 2π. A chaque saut σ, rencontré en un point x_k, nous introduirons, dans l'expression du terme général, la quantité

$$\frac{1}{\pi}\sigma\frac{\sin n(x-x_k)}{n}$$

et à chaque écart angulaire τ, rencontré en un point x_i, nous introduirons la quantité

$$\frac{1}{\pi}\tau\frac{\cos n(x-x_i)}{n^2}.$$

On peut ainsi écrire sans difficulté le terme général, dans tous les cas. Quelques conséquences théoriques découlent immédiatement de ce résultat. Ainsi par exemple :

1° Tous les théorèmes concernant l'approximation des fonctions continues de variable réelle par des séries trigonométriques et plus généralement par des fonctions orthogonales engendrées par des équations différentielles linéaires, sont susceptibles de précision métrique, dès qu'on introduit des conditions quantitatives (Lipschitz, Dini ou autres). Même pour le théorème général de Weierstrass-Picard, qui est une conséquence immédiate du résultat précédent, on peut assigner une limite supérieure plus précise de l'approximation.

2° Le passage à la limite du développement précédent donne lieu à des phénomènes de Gibbs, aux bords de chaque discontinuité.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Solution élémentaire du problème de l'inversion des fonctions elliptiques*. Note de M. **René Garnier**, présentée par M. Appell.

Les méthodes classiques qui établissent la possibilité de construire une fonction elliptique pu à partir de ses invariants g_2, g_3 (avec $g_2^3 - 27 g_3^2 \neq 0$), utilisent soit la théorie analytique des équations différentielles, soit le théorème d'Abel, soit encore les propriétés des fonctions ϑ ; il en est, enfin, qui nécessitent une étude plus ou moins déguisée du domaine et du groupe modulaires. La démonstration qu'on propose ici est tout élémentaire [1] ; elle n'invoque que les théorèmes généraux de la théorie des fonctions de variable complexe : ceux-là mêmes qui, dans les expositions classiques, servent de base à la théorie des fonctions elliptiques.

1. La méthode repose essentiellement sur un artifice dû à M. E. Goursat : soient $2\omega_1$ et $2\omega_2$ les périodes d'une intégrale elliptique $J(z)$; le rapport $\omega_1 : \omega_2$ étant complexe [2], le symbole

$$p[J(z) \mid 2\omega_1, 2\omega_2]$$

---

(1) Une démonstration détaillée paraîtra ultérieurement.

(2) En fait, la démonstration actuelle est complètement indépendante de ce théorème, qui, au contraire, en résulte, à titre de conséquence (cf. n° 3).

a un sens et représente une fonction rationnelle $R(z)$. *Résoudre le problème de l'inversion revient à établir que l'ordre de* $R(z)$ *est égal à* 1.

Pour le prouver, sans recourir à la théorie des équations différentielles, je prends $J(z)$ sous la forme

$$J(z) = \int_1^z \frac{dz}{\sqrt{(1-z^2)(z^2-\lambda^2)}}$$

et j'établis le lemme suivant :

Lemme. — *Il existe un nombre positif* μ' *tel que, pour* $|\lambda|$ *inférieur à* μ' *et arbitrairement petit,* $R(z)$ *ne possède aucun pôle à l'intérieur d'un cercle de centre* O, *et de rayon arbitrairement petit, fixé à l'avance.*

2. En effet, considérons l'aire $\mathcal{A}$ intérieure à l'ellipse passant par les points $z = \pm 1$ et de foyers $z = \pm\lambda$; la transformation

$$z = \frac{Z^2+\lambda^2}{2Z}$$

change $\mathcal{A}$ en une aire $\mathcal{C}$, limitée par deux cercles concentriques à O. Or à l'intérieur de $\mathcal{A}$ et de $\mathcal{C}$ (au sens *strict*), on peut écrire

$$(1) \quad \frac{1}{\sqrt{1-z^2}} = 1 + \sum_{p=1}^{+\infty} \frac{1.3\ldots(2p-1)}{2.4\ldots 2p} F\left(p+\frac{1}{2}, p+\frac{1}{2}, 2p+1; \lambda^2\right) \frac{Z^{4p}+\lambda^{4p}}{(2Z)^{2p}};$$

ce développement rentre d'ailleurs dans la catégorie des développements en séries de polynomes donnés par M. E. Picard ; mais, actuellement, il est aisé d'établir directement la formule, et d'en fixer les conditions de validité [1]. Ceci posé, on déduit de (1), par intégration,

$$(2) \quad J_1(z) \equiv \int_\lambda^z \frac{dz}{\sqrt{(1-z^2)(z^2-\lambda^2)}} = F\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 1; \lambda^2\right) \operatorname{Log}\frac{Z}{\lambda}$$
$$+ \sum_{p=1}^{+\infty} \frac{1}{2p} \frac{1.3\ldots(2p-1)}{2.4\ldots 2p} F\left(p+\frac{1}{2}, p+\frac{1}{2}, 2p+1; \lambda^2\right) \frac{Z^{4p}-\lambda^{4p}}{(2Z)^{2p}};$$

or non seulement cette formule est valable pour les mêmes points (z, Z)

[1] De la théorie de la fonction $F(\alpha, \beta, \gamma; x)$ il suffit de connaître la double représentation de F par une série, et par une intégrale définie.

que (1), ce qui fournit, notamment, la relation classique

$$2\omega_1 = 2\pi i F\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 1; \lambda^2\right),$$

mais encore elle s'applique au point $z = 1$, $Z = 1 + \sqrt{1-\lambda^2}$, *ce qui permet de développer la période* $2\omega_2$. Pour le voir, on considère la série

$$(3)\qquad \sum_{p=1}^{+\infty} \int_0^1 \frac{v^p}{p} \frac{du}{\sqrt{u(1-u)(1-\lambda^2 u)}} \qquad (|\lambda| < 1),$$

où l'on a posé

$$v = (1 + \sqrt{1-\lambda^2})^2 u(1-u)(1-\lambda^2 u)^{-1},$$

et où les intégrales sont étendues le long de l'arc de courbe joignant $u = 0$, $u = 1$ et sur lequel $v(u)$ reste réel et positif : *sur cet arc on a toujours* $v \leq 1$ (l'égalité n'ayant lieu qu'en un point). On en déduit la convergence de (3), et l'application à (2) du théorème d'Abel relatif aux séries légitime aussitôt notre assertion.

Or la formule (2), ainsi précisée, conduit à la conséquence suivante : *ρ et μ' ne dépendant que de la quantité arbitrairement grande* K *on peut écrire, pour* $|z| < \rho$ *et* $|\lambda| < \mu'$, *l'inégalité*

$$(4)\qquad \left|\mathcal{R}\left(\frac{\pi i \omega_2}{\omega_1}\right)\right| - \left|\mathcal{R}\left(\frac{\pi i J_1(z)}{\omega_1}\right)\right| > K,$$

d'où résulte aussitôt notre lemme.

3. Cela étant, en procédant par continuité à partir des formes dégénérées de $\wp u$ et de $J(z)$ qui correspondent à $\lambda = 0$, on démontre qu'à l'extérieur de $|z| = \rho$, $R(z)$ ne peut posséder qu'un pôle, $z = 1$. $R(z)$ est donc d'ordre 1 pour $|\lambda|$ suffisamment petit, et *la transformation de Landen, appliquée à* $\wp u$ *et à* $J(z)$, *montre que ce résultat subsiste quelle que soit la valeur du module* λ [1].

Le problème de l'inversion se trouve ainsi résolu.

---

[1] Cette remarque, rapprochée de (4), montre que le rapport $\omega_2 : \omega_1$ ne peut être réel pour aucune valeur de $\lambda^2 (\neq 0, 1, \infty)$. Inversement, si l'on considère ce dernier théorème comme établi, on peut démontrer que l'ordre de $R(z)$ est indépendant de λ_1 sans avoir à utiliser la transformation de Landen.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Généralisations des théorèmes de Jamet sur la courbure des courbes triangulaires, des courbes et des surfaces tétraédrales symétriques.* Note [1] de M. **R. Goormaghtigh**, présentée par M. G. Humbert.

Les théorèmes de Jamet [2] relatifs à la courbure des courbes triangulaires, des courbes et des surfaces tétraédrales symétriques sont des cas particuliers des propositions suivantes :

A. Courbes planes :

I. Théorème sur les $p^{\text{ièmes}}$ rayons de courbure des courbes triangulaires :

Considérons $p+1$ *courbes triangulaires symétriques d'indices* n_1, n_2, ..., n_{p+1}, *ayant même triangle de symétrie, se touchant en un point* M, *et posons*

$$(n_i-1)^{-1}=\nu_i;$$

les $p^{\text{ièmes}}$ *rayons de courbure* $\rho_1^{(p)}$, $\rho_2^{(p)}$, ..., $\rho_{p+1}^{(p)}$ *de ces courbes correspondant au point* M [3] *sont liés par la relation linéaire*

$$\sum_{i=1}^{i=p+1} \lambda_i \rho_i^{(p)}=0,$$

---

(1) Séance du 28 octobre 1918.

(2) Au sujet des théorèmes de Jamet, voir : V. Jamet, *Sur les surfaces et courbes tétraédrales symétriques* (*Ann. de l'Éc. Norm. sup.*, 3e série, t. 4, supplément); G. Fouret, *Construction du rayon de courbure des courbes triangulaires symétriques, des courbes anharmoniques et des lignes asymptotiques de la surface de Steiner* (*Comptes rendus*, t. 110, 1890, p. 778); *Construction du rayon de courbure de certaines classes de courbes, notamment des courbes de Lamé et des paraboles et hyperboles des divers ordres* (*Ibid.*, p. 843); R. Godefroy, *Sur les rayons de courbure de certaines courbes et surfaces, en particulier des courbes et surfaces de Lamé* (*Journ. de l'Éc. Polyt.*, 62e cahier, 1892, p. 37); Cesàro, *Vorlesungen über natürliche Geometrie*, p. 129; Loria-Schütte, *Spezielle ebene Kurven*, t. 1, 2e édition, p. 344.

(3) Le $p^{\text{ième}}$ rayon de courbure en un point M d'une courbe (C) est le rayon de courbure de la $(p-1)^{\text{ième}}$ développée de (C) au point correspondant à M.

où λ_i désigne la valeur que prend le produit

$$\Pi(\nu_j - \nu_t) \qquad (j, t = 1, 2, \ldots, p+1)$$

quand on y fait $\nu_i = 0$.

II. Extension du théorème de Jamet à une classe de courbes définies en coordonnées projectives ξ_1, ξ_2, ξ_3 :

Soit φ une fonction donnée de deux variables; pour l'une quelconque des courbes définies en coordonnées projectives par l'équation

$$\alpha_1[\varphi(\xi_1, \xi_2) - \varphi(\zeta_1, \xi_3)] + \alpha_2[\varphi(\xi_2, \xi_3) - \varphi(\xi_2, \xi_1)] + \alpha_3[\varphi(\xi_3, \xi_1) - \varphi(\xi_3, \xi_2)] = 0,$$

le rayon de courbure correspondant au pôle $\Omega(1, 1, 1)$ du système de coordonnées est dans un rapport constant avec celui de la conique circonscrite au triangle qui la touche en ce point.

Proposition corrélative :

III. *Les fonctions f_i étant données, si trois courbes d'équation cartésienne*

$$\sum_1^3 \alpha_i [f_i(x, y)]^n = 0,$$

correspondant aux indices n_1, n_2, n_3 se touchent en un même point, leurs rayons de courbure ρ_1, ρ_2, ρ_3 en ce point sont liés par la relation

$$\frac{n_2 - n_3}{\rho_1} + \frac{n_3 - n_1}{\rho_2} + \frac{n_1 - n_2}{\rho_3} = 0.$$

B. Courbes gauches :

IV. *Si φ est une fonction donnée, le plan osculateur de la courbe gauche*

$$\sum_1^3 \alpha_i\, \varphi(\xi_i) = 0, \qquad \sum_2^4 \beta_i\, \varphi(\xi_i) = 0 \qquad \left(\sum_1^3 \alpha_i = \sum_2^4 \beta_i = 0\right)$$

correspondant au pôle Ω du système de coordonnées tétraédriques projectives ξ, coïncide avec celui de la cubique gauche

$$\sum_1^3 \frac{k_i}{\xi_i} = 0, \qquad \sum_2^4 \frac{l_i}{\xi_i} = 0$$

qui la touche en ce point. Le rayon de courbure de la courbe en ce point est dans un rapport constant avec celui de cette cubique gauche.

C. Surfaces :

V. *La fonction* φ *étant donnée, pour l'une quelconque des surfaces définies en coordonnées tétraédriques projectives par l'équation*

$$\sum_1^4 \alpha_i \varphi(\xi_i) = 0 \qquad \left(\sum_1^4 \alpha_i = 0\right),$$

l'indicatrice correspondant au pôle Ω *du système de coordonnées est homothétique à celle de la quadrique conjuguée au tétraèdre qui la touche en ce point; le rapport d'homothétie est une constante.*

VI. *Soient* f_i *des fonctions données; si trois surfaces d'équation cartésienne*

$$\sum_1^4 \alpha_i [f_i(x, y, z)]^n = 0,$$

correspondant aux indices n_1, n_2, n_3, *se touchent en un point, leurs directions asymptotiques en ce point sont en involution et leurs courbures moyennes* σ_1, σ_2, σ_3 *sont liées par la relation*

$$(n_2 - n_3)\sigma_1 + (n_3 - n_1)\sigma_2 + (n_1 - n_2)\sigma_3 = 0.$$

VII. Théorème analogue au théorème de Jamet. — *Si deux surfaces tétraédrales symétriques d'indices* n_1, n_2, *ayant même tétraèdre de symétrie, se touchent en un point, les courbures de leurs lignes asymptotiques qui sont tangentes en ce point sont dans le rapport de* $(n_1 - 2)$ *à* $(n_2 - 2)$.

ASTRONOMIE. — *Sur les lois de densité interne dans les théories du Soleil.* Note de M. Emile Belot, présentée par M. Bigourdan.

Les théories du Soleil fondées sur la Thermodynamique aboutissent à des résultats assez discordants, suivant qu'on part avec Homer Lane et W. Thomson des lois des gaz parfaits ou avec M. Véronnet des lois des gaz réels.

La densité du noyau central du Soleil serait de 8,4; 31,5 ou 1,41, suivant qu'on adopte l'une ou l'autre de ces théories. Mais elles négligent la pression de radiation dont Eddington a montré l'importance à l'intérieur d'une étoile et elles extrapolent dans le domaine de températures et pressions énormes les lois des gaz vérifiées dans nos laboratoires : on a ainsi cru pouvoir affirmer que le Soleil était entièrement gazeux parce que tous ses éléments sont à une température de plus de 6000° dépassant leur température critique. Or on sait, par les recherches de Brigmann poussées jusqu'à une pression de 20000^{atm}, que l'acide carbonique au-dessus de sa température critique (31°) présente plusieurs phases solides pour des pressions supérieures à 6000^{atm}; et, d'autre part, les résultats obtenus par E. Briner montrent que la dissociation moléculaire favorisée par la température peut être annihilée par la pression.

Néanmoins les théories visées plus haut ont deux points communs, elles concluent à l'existence d'un noyau central de densité sensiblement constante et aboutissent à des lois de densité interne présentant une inflexion à une profondeur plus ou moins grande. Il est à remarquer que les formules les plus probables, donnant la loi de densité interne de la Terre d'après M. Véronnet, correspondent à une inflexion vers la distance 0,8 du centre. Mais ces formules cessent de s'appliquer au-dessus de la surface terrestre et aucune loi de densité interne de la Terre ne peut se raccorder sans discontinuité avec la loi de Laplace qui régit la densité de l'air jusqu'aux confins de l'atmosphère. D'après cette analogie, on peut croire que toute loi donnant la densité interne du Soleil considéré comme liquide ne s'applique que jusqu'à la surface de la photosphère, où une discontinuité de densité s'établit avec l'atmosphère solaire.

Il m'a semblé qu'on pouvait, dans une certaine mesure, concilier les théories actuelles en ce qu'elles ont de commun, en admettant que le Soleil est constitué par un noyau central de masse m, de densité constante ρ_0, de rayon ε entouré de couches de densité variable obéissant à la loi

$$(1) \qquad \rho = a(r+\varepsilon)^{-\alpha},$$

où r ne varie que de zéro à $R-\varepsilon$ (R rayon de la photosphère). La formule (1) correspond à une courbe de densité interne tournant sa concavité vers l'axe des ρ positifs, comme dans les théories rappelées plus haut. Elle donne pour ρ_0 une valeur finie $a\varepsilon^{-\alpha}$ évitant ainsi l'objection faite à l'emploi de la formule $\rho = ar^{-\alpha}$ qui donne $\rho_0 = \infty$ et qui a été utilisée par H. Poincaré (*Hypothèses cosmogoniques*, p. 201). Les densités ρ_0 et ρ_1 sont alors

liées par la relation

$$\rho_0 = \rho_1 \left(\frac{\varepsilon}{R}\right)^{-\alpha} \tag{2}$$

a et ρ_1 sont donnés par les formules suivantes :

$$\rho_1 = 1,41 \left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \left[1 - \frac{\alpha}{3}\left(\frac{\varepsilon}{R}\right)^{3-\alpha}\right]^{-1} = a R^{-\alpha}. \tag{3}$$

Si l'on admet le Soleil composé de gaz parfaits en équilibre isothermique, on a $\alpha = 2$. Si, grâce à la pression compensant l'effet de la température, le Soleil contient des vapeurs lourdes non dissociées et ne suivant pas la loi des gaz parfaits, la densité augmente plus vite vers le centre que dans la première hypothèse; on a donc $\alpha > 2$. Mais d'autre part ρ_1 ne peut être supérieur à 1,41, ce qui exige, d'après (3), que $\alpha < 3$.

Calculons l'énergie W emmagasinée par le Soleil depuis l'origine en suivant la marche indiquée par H. Poincaré (*loc. cit.*); on trouve

$$W = \frac{3}{5}\frac{m^2}{\varepsilon} + \frac{(4\pi a)^2}{(3-\alpha)(5-2\alpha)}\left[R^{5-2\alpha} - \varepsilon^{5-2\alpha}\right] - \frac{\alpha\,\varepsilon^{3-\alpha}(4\pi a)^2}{3(\alpha-2)(3-\alpha)}\left[\varepsilon^{2-\alpha} - R^{2-\alpha}\right].$$

Pour $\alpha = \frac{5}{2}$ le second terme se présente sous une forme indéterminée, mais en réalité ne tend vers ∞ que pour $\varepsilon = 0$.

Il est impossible qu'un astre de dimension finie emmagasine une quantité d'énergie infinie; et cette impossibilité correspond à cette autre impossibilité physique d'une densité infinie au centre quand on la calcule par l'expression $ar^{-\alpha}$. H. Poincaré a donc eu raison de ne pas s'arrêter à la valeur $w = \infty$ donnée par cette expression et qu'a signalée M. Auric [1]. Mais avec la formule (1) rien n'empêche d'admettre $\alpha = \frac{5}{2}$, et l'on trouve alors, suivant les valeurs attribuées à $\frac{\varepsilon}{R}$:

$\frac{\varepsilon}{R}$.	$\frac{3}{4}$.	$\frac{1}{2}$.	$\frac{1}{4}$.	$\frac{1}{6}$.
ρ_1	0,87	0,57	0,40	0,35
ρ_0	1,79	3,24	12,89	31,40

[1] *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 328.

Quand ε est voisin de R, ρ_0 et ρ_1 convergent vers 1,41 comme dans la solution donnée par M. Véronnet.

Quand $\frac{\varepsilon}{R}$ varie de $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{6}$, on trouve pour ρ_0 des valeurs de même ordre que celles auxquelles concluent les théories de Lane et de W. Thomson.

On a toujours admis jusqu'ici que l'énergie W emmagasinée par le Soleil depuis l'origine était due entièrement à la gravitation. Mais si un choc entre masses nébuleuses s'est produit à l'origine de notre système, il a dû élever à une haute température au moins la partie centrale de la matière cosmique comme on le voit dans les Novæ.

Les parties extérieures de la nébuleuse ont dû agir comme un nuage opaque protégeant le système solaire primitif contre le rayonnement. Dès lors le premier noyau condensé du Soleil a dû emmagasiner beaucoup plus de chaleur que n'aurait pu lui en donner la gravitation.

Par ce processus, le Soleil aurait pu être pourvu d'une provision de chaleur suffisante pour satisfaire aux exigences des géologues.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage du lactose.* Note de M. **E. Hildt**, présentée par M. A. Gautier.

Le lactose se dose ordinairement dans le lacto-sérum dilué au $\frac{1}{10}$, obtenu lui-même par défécation au moyen de l'acide métaphosphorique, en mesurant le pouvoir réducteur de ce lacto-sérum sur 10^{cm^3} de liqueur cupro-potassique titrée, maintenue à l'ébullition. Cette liqueur peut être titrée directement en lactose hydraté ou anhydre ou en sucre interverti, mais les auteurs diffèrent sur les équivalences, en sorte qu'une liqueur titrant $0^g,05$ en sucre interverti peut varier de $0^g,067$ à $0^g,073$, de lactose hydraté.

Dans la pratique il arrive souvent que le lactose du lait a subi une hydrolyse partielle, en particulier dans les laits bichromatés, et alors aucun coefficient n'a de signification par suite de l'augmentation du pouvoir réducteur dû au dédoublement équimoléculaire du lactose en glucose et galactose. Dans ce cas, la détermination des trois sucres en présence nécessiterait trois équations. La difficulté disparaît si l'on rend l'hydrolyse complète et si l'on connaît le titre de la liqueur cupro-potassique en lactose dédoublé, de même qu'on le connaît en sucre interverti. La somme des deux monosaccharides ainsi déterminée représente bien en effet le lactose hydraté initial.

Mais l'emploi des acides minéraux comme catalyseurs entraîne une destruction notable du galactose et même du glucose par suite du chauffage prolongé à 100° nécessaire au dédoublement du lactose, ainsi que l'a montré Ost. (*Deuts. chem. Ges.*, t. **23**; **2**, p. 3010.)

Certains catalyseurs industriels tels que ceux de Twitchell (*Journ. amer. chem. Soc.*, t. 22, 1899) et ceux de Petrof plus récents n'ont pas cet inconvénient (¹).

Les acides phénol et benzène sulfoniques ou d'autres de séries plus compliquées, employés sous forme de sels barytiques ou sodiques en présence d'une quantité correspondante d'acide sulfurique titré, donnent au contraire d'excellents résultats avec des solutions de lactose pur d'environ 0,5 pour 100. Avec 1 pour 100 d'acide sulfonique, l'hydrolyse est complète après 3 heures et demie à 4 heures de chauffage à 100° sans que le pouvoir réducteur maximum ainsi obtenu diminue après quatre nouvelles heures. Toutefois les lacto-sérums s'hydrolysent plus lentement que les solutions de lactose pur.

Après de nombreux titrages en présence des acides sulfoniques ci-dessus de solutions de lactose purifié par trois cristallisations et vérifiées au polarimètre, une liqueur cupro-potassique en solutions séparées a donné pour 10$^{cm^3}$ de liqueur cuprique, les valeurs suivantes :

Lactose hydraté	0^{g},0708
Lactose hydrolysé	0,0506
Sucre interverti	0,0495

La valeur trouvée pour le pouvoir réducteur du lactose hydrolysé se confond presque avec celle qu'on peut déduire des tableaux de G. Bertrand pour des dilutions de même ordre et qui serait de 0,05055.

On peut donc ainsi exprimer en lactose les sucres contenus dans le lait et même déterminer, par un calcul très simple, la proportion de lactose non dédoublé en tirant une première équation du pouvoir réducteur avant hydrolyse totale, mais il est surtout intéressant de pouvoir déterminer en

(¹) Ces catalyseurs plus ou moins complexes, solubles et destinés spécialement à la saponification des graisses, ont tous pour base des dérivés sulfonés de la série du benzène, du naphtalène, de l'anthracène ou des carbures en C^nH^{2n-10} extraits des naphtes russes, les plus simples de ces dérivés.

lactose ce qui subsiste encore des sucres réducteurs dans un lait altéré, afin d'obtenir une valeur de l'extrait dégraissé et par suite de l'extrait sec total au moyen de tous les éléments dosés séparément. L'expérience montre en effet que si cette valeur diffère sensiblement de l'extrait sec à 100°, elle ne diffère que très peu de l'extrait sec dans le vide.

Tous les chimistes qui s'occupent de l'analyse des laits ont pu constater que l'extrait sec à 100° d'un lait altéré présente souvent un déficit notable qu'il est impossible de ne pas attribuer en très grande partie à une destruction des sucres, comme on peut s'en assurer directement en dosant ces sucres dans l'extrait sec à 100°.

Si l'on observe d'une part que la présence fréquente dans les laits altérés de quantités considérables de CO^2 n'est que rarement accompagnée d'alcool d'origine fermentative et que d'autre part les matières albuminoïdes ont également subi l'hydrolyse partielle, la modification subie par les extraits à 100° doit être expliquée par les réactions des polypeptides sur les sucres réducteurs, réactions qui ont fait l'objet de recherches précises que M. L. Maillard a exposées dans sa Thèse de doctorat (Faculté des Sciences, Paris, 1913), avec cette particularité que les produits mélanoïdiques azotés de Maillard paraissent se former ici en deux phases; dans la première phase les carboxyles aminés fourniraient aseptiquement, dès la température ordinaire, une quantité d'acide carbonique quelquefois suffisante pour faire éclater les flacons, mais ce n'est qu'au moment de l'évaporation du lait à 100° que ces produits de condensation caramélique se forment par une déshydratation rapide et avec un très faible dégagement d'acide carbonique, ainsi que l'ont montré de nombreux extraits secs obtenus d'abord dans un vide prolongé puis portés à 100°.

Ces extraits dans le vide ne sont ni colorés ni odorants, la couleur foncée et l'odeur des produits mélanoïdiques apparaissent au contraire de suite à l'étuve; la perte de poids constatée est souvent très notable, et si l'on dose en même temps l'acide carbonique produit pendant cette deuxième phase, on n'en trouve plus que des quantités très faibles.

Voici à titre d'exemple quelques-uns des résultats obtenus :

Valeur du lactose et des extraits dans des laits altérés.

Lors du prélèvement		46,0	35,6	50,1	45,4	49,7	50,1	46,1
Lait altéré.	Avant hydrolyse (lactose hydraté apparent).	54,0	38,08	52,5	»	49,2	49,6	41,2
	Après hydrolyse (lactose hydraté réel).	39,7	28,0	40,2	30,2	42,5	40,0	38,9
	Dans l'extrait à 100°	25,4	16,5	27,5	16,6	»	»	»
	Extrait à 100°	101,1	85,8	107,9	112,2	111,7	111,5	112,2
	Extrait dans le vide	109,0	93,9	115,0	122,4	119,14	121,17	116,2
	CO^2 dégagé à 100°	0,4	»	0,48	»	»	»	»
Extraits lors des prélèvements à 100°		111,9	92,4	123,8	»	124,3	126,7	119,6

D'après ces résultats il semble intéressant de rechercher si les réactions de Maillard entre les sucres et les polypeptides ne permettraient pas de reconstituer par le calcul, au moins approximativement, la valeur des extraits secs primitifs des laits altérés, de l'extrait sec à 100° et de la quantité de sucre disparue dans cet extrait.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la présence d'un fasciole chez un Procassidulide.* Note de M. J. LAMBERT, présentée par M. Douvillé.

On sait que le fasciole de certains Echinides, organe dont le rôle physiologique reste encore mystérieux, a toujours été considéré comme spécial aux Spatangides. Les paléontologues (de Loriol et Grégory), qui ont distrait les Collyrites des Procassidulides pour les rapprocher des Spatangides, déclarent cependant que les Collyrites n'ont pas de fasciole. Je partageais ces opinions, quand l'examen des récoltes de M. le D[r] Guébhard dans le Néocomien de la Provence m'a amené à reprendre l'étude d'un petit groupe de *Collyritidæ* pour lequel Pomel avait proposé le genre *Corthya*. J'ai pu à cette occasion constater deux faits : 1° les espèces de ce genre ont leurs ocellaires latérales externes, ce qui les éloigne de *Collyrites* pour les rapprocher de *Disaster;* 2° certaines de ces espèces sont pourvues d'un fasciole.

Ooster avait bien figuré un fasciole chez un *Corthya*, son *Collyrites*

Meyrati, mais sans mentionner ce caractère dans le texte, et personne n'avait attaché à cette figure l'importance qu'elle comporte. En réalité, chez les *Corthya*, le périprocte marginal s'ouvre au milieu d'un écusson tuberculeux qui, à partir de l'époque hauterivienne, est circonscrit par un anneau de très fins granules, serrés, en quinconce, c'est-à-dire par un véritable fasciole, plus ou moins distinct suivant les individus. Ce fasciole existe, non seulement chez *Corthya Meyrati* du Néocomien alpin, mais chez *C. ovulum* Desor (*Disaster*) de l'Hauterivien et chez une espèce nouvelle du Barrémien de la Provence, mais il manque encore chez *Corthya Malbosi* de Loriol (*Collyrites*) du Berriasien, comme chez *C. Jaccardi* Desor (*Collyrites*) du Valanginien. Le fasciole n'est donc pas un organe spécial aux Spatangides; il s'est montré chez des Procassidulides dès l'Hauterivien. Enfin, à son origine chez les *Disasteridæ*, comme à son origine chez les *Ananchitidæ* ou les *Brissidæ*, le fasciole est un organe encore instable, qui a commencé à se montrer individuellement, bien qu'un peu plus tard, définitivement fixé, il ait acquis dans les mêmes groupes une permanence qui a permis à tous les auteurs de le considérer comme un excellent caractère générique.

Il y a là, au point de vue de la formation de nouveaux organes chez l'être vivant pendant le cours des périodes géologiques, un fait d'autant plus intéressant à constater qu'il peut nous mettre sur la trace du processus de cette genèse.

PALÉOBOTANIQUE. — *Caractères distinctifs des flores houillères de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier*. Note de M. **Paul Bertrand**, présentée par M. Pierre Termier.

Le faisceau houiller de Rive-de-Gier renferme une flore très différente de celle des couches de Saint-Étienne. Le Tableau ci-contre est destiné à mettre en évidence les caractères distinctifs des deux flores.

Il y a lieu de compléter ce Tableau par les remarques suivantes :

1. Le *Sphenopteris chærophylloides* Br. est assez fréquent dans la zone de Bruay-Liévin (= Lens supérieur).

2. Les *Linopteris* (de Rive-de-Gier). — Les *Linopteris* sont rares à Rive-de-Gier. L'absence des grandes pinnules de *L. Brongniarti* et de *L. Germari* est frappante. On trouve seulement çà et là de petites pinnules de *L. obliqua*

Espèces caractéristiques de la série de Saint-Étienne, très rares ou absentes à Rive-de-Gier.	Espèces caractéristiques du faisceau de Rive-de-Gier, frappantes par leur fréquence ou simplement par leur présence.	Exemples d'espèces banales, fréquentes à Saint-Étienne et à Rive-de-Gier.
**Odontopteris Reichiana* Gutbier.		
O. Brardi Brongn.		
Nevropteris cordata Brongn.		
**Callipteridium pteridium* Schl.		*Alethopteris Grandini* Brong. (¹).
C. gigas Gutb.		
Pecopteris lepidorachis Brong.	*Pecopteris Lamuriana* Heer (C.).	*Pecopteris polymorpha* Brong.
P. hemitelioides Brong.	*P. arborescens* Schl. (C.).	*P. unita* Schl.
P. Bioti Brong.	*P. cf. dentata* Brong. (A. C.).	
**P. feminæformis* Schl.		
Diplotmema Busqueti Zeill.	*Sphenopteris chærophylloides* Brong. (A. C.).	*Sphenopt. (Pecopt.) Sterzeli* Zeill.
Sphenopteris (Zygopt.) pinnata Gr.'E.	*Sph. (Zygopt.) erosa* Gutb. (C.).	+ *Sph. Plückeneti* Schl.
Linopteris Brongniarti Gutb.	*Linopteris obliqua* Bunbury (A. R.).	
L. Germari Giebel.	*L. nevropteroides* Gutb. (A. R.).	
Cordaites lingulatus Gr.'E.	*Sigillaria Deutschi* Br. (C.).	*Sigillaria Brardi* Brong.
Poacord. linearis Gr.'E.	*S. tessellata* Br. (C.).	
	Asolanus camptotænia Wood (C.).	
Sphenophyllum longifolium Germ.	*Sphenophyllum majus* Bronn.	*Sphenophyllum oblongifolium* Germ. et Kaulf.
	Sph. emarginatum Brong.	Calamariées diverses.

* Les espèces précédées d'un astérisque font leur apparition à Rive-de-Gier; elles sont noyées au milieu des espèces caractéristiques de cet étage. — (C.), commun; (A. C.), assez commun; (A. R.), assez rare.

(¹) Sensiblement plus rare à Rive-de-Gier qu'à Saint-Étienne.

Bunbury (= *L. sub. Brongniarti* Gr.'E.) et des pinnules de *L. nevropteroides* Gutb. On sait que *L. obliqua* se rencontre en abondance dans la zone de Bruay.

3. Les *Sphenophyllum* (de Rive-de-Gier). — On trouve à Rive-de-Gier au moins trois espèces de *Sphenophyllum : S. majus* Bronn., *S. emarginatum* Brong., *S. oblongifolium* Germar. Les deux premières sont les plus fréquentes. Elles sont communes dans la zone de Bruay.

4. Les *Sigillaires* (de Rive-de-Gier). — L'abondance des Sigillaires cannelées à Rive-de-Gier est frappante. Plusieurs espèces sont identiques ou affines à celles de la zone de Bruay. Ex. : *S. Deutschi*, *S. tessellata*, *S. aff. scutellata*. La houille de Rive-de-Gier, d'après Grand'Eury, est essentiellement constituée par des débris de Sigillaires cannelées; celle des couches inférieures de Saint-Etienne est au contraire une houille de Cordaïtes.

5. Les *murs* des couches de Rive-de-Gier, surtout ceux des couches inférieures, sont parcourus en tous sens par les rhizomes et les radicelles du *Stigmaria ficoides*, var. *minor* Geinitz, qui représentent les parties souterraines des Sigillaires cannelées. Ils témoignent que le mode de formation des couches de houille n'est pas, dans le centre, autre que dans le nord de la France.

6. L'*Asolanus camptotœnia*, fréquent dans la zone de Bruay, est aussi fréquent à Rive-de-Gier.

Les remarques 1 à 6 soulignent les affinités existant entre la flore de Rive-de-Gier et celle de Bruay-Liévin (Westphalien supérieur du nord de la France).

7. Les espèces du Tableau, suivies d'un C, sont les plus caractéristiques de Rive-de-Gier. Pourtant, il est certain que le *Pecopteris arborescens*, les Sigillaires cannelées, l'*Asolanus camptotœnia* s'élèvent dans l'étage intermédiaire entre Rive-de-Gier et Saint-Etienne, mais ces espèces deviennent de plus en plus rares; elles sont *noyées* au milieu de celles de Saint-Etienne.

8. Le *Pecopteris arborescens* Schl. est remplacé dans la série de Saint-Etienne par les *P. lepidorachis* Br. et *P. hemitelioides* Br., qui en dérivent très probablement. Il persiste jusque dans les couches inférieures de Saint-Etienne. Le *P. cyathea* (Schlotheim?) de Brongniart, Zeiller,

Grand'Eury, etc., doit être rayé de la nomenclature, car il repose sur une confusion entre les trois autres espèces.

9. Il y a encore des Sigillaires cannelées dans les couches de Saint-Etienne, y compris dans la 3e. Il importera d'arriver à les déterminer correctement. Sous aucun rapport, ces Sigillaires cannelées n'ont à Saint-Etienne l'importance qu'elles ont à Rive-de-Gier.

10. L'*Odontopteris Reichiana* et le *Callipteridium pteridium*, d'après Grand'Eury, se montrent déjà à Rive-de-Gier, où ils sont très rares. Le *Pecopteris feminæformis,* si commun à Saint-Etienne, est rarissime à Rive-de-Gier.

HORTICULTURE. — *Sur un dispositif nouveau pour l'emploi des explosifs appliqués à la plantation des arbres. De son utilisation avantageuse dans la reconstitution rapide des vergers dévastés par l'ennemi.* Note de M. **André Piédallu**, présentée par M. Costantin.

En ce moment tant désiré de la libération de nos territoires, un grave problème se pose : la reconstitution rapide des vergers dévastés par l'ennemi.

J'ai remarqué que les plantes sauvages se développent avec une rare vigueur sur les bords des anciens trous d'obus et des vieilles tranchées bouleversées par les explosifs. Sans nul doute cette croissance est due à la fissuration du sol et à son imprégnation par les produits nitrés.

Cette remarque m'a rappelé les expériences faites dans l'ouest des États-Unis et citées par Étienne-A. Ritter dans la *Nature* du 5 avril 1913 (Masson, éditeur). Des cerisiers de deux ans, plantés dans des trous creusés à la dynamite, atteignent plus de 3m de haut, alors que les mêmes arbres plantés à la bêche restent chétifs et ont à peine 1m,50.

Nous avons, le regretté Armand Malloué et moi, cherché l'application pratique de ces observations de guerre et de ces expériences américaines pour la reconstitution rapide des vergers dévastés. Malheureusement beaucoup d'arbres sciés à la base par l'ennemi ne pourront pas être greffés.

Nous avons établi la composition d'un explosif insensible au choc et à l'humidité, pouvant être moulé, complètement exempt de produits

chlorés, très énergique sous un faible volume et ne détonant que sous l'action d'une amorce au fulminate.

A cette cartouche, j'ai pensé à joindre un culot de produits fertilisants variables suivant les terrains : phosphates, nitrates, potasse, etc.

La cartouche se présente comme suit : Un tube en celluloïd, en papier fort ou en carton, sert d'enveloppe. Il est terminé en cône ou fermé par un bouchon de même forme.

L'engrais comprimé est placé au fond du tube. Il entoure un noyau d'explosif. Puis vient le cylindre d'explosif dans lequel est ménagée une cavité pour l'amorce de fulminate. Le tout est fermé par un bouchon percé d'un trou, par lequel passe à frottement un peu serré le cordeau bickford relié à l'amorce. La charge explosive et le culot adjonctif sont extérieurement paraffinés.

Pour l'application, on creuse un trou de mine de 60^{cm} avec un pieu en fer ou tout autre moyen. Dans les terrains favorables, on alèse ce trou avec un cône en bois d'un diamètre un peu plus fort que celui de la cartouche jusqu'à 60^{cm} de profondeur et l'on introduit la cartouche; puis on allume et l'on va se mettre à l'abri.

L'explosion produit une cavité sphéroïdale d'environ 80^{cm} de profondeur, dont les parois sont très profondément fissurées. On laisse la terre absorber les vapeurs dégagées et l'on n'a plus qu'à planter l'arbre en rabattant la terre sur les racines.

Dans ces conditions, l'arbre qui trouve, pulvérisés et intimement mélangés au sol, tous les éléments nécessaires à son développement, ne peut pas manquer de pousser vigoureusement et de produire des fruits en un minimum de temps.

Cette méthode est surtout utile dans des terrains compacts où les moyens habituels de plantation font des murs devant lesquels les radicelles sont bloquées.

En résumé, il est à recommander, pour la reconstitution rapide des vergers dévastés par l'ennemi, de faire des plantations dans des cavités obtenues à l'aide d'explosifs ne contenant pas de produits nocifs pour les plantes (chlore), ces explosifs servant en même temps à pulvériser et à souffler les matières fertilisantes dans les fissures profondes du sol.

Il est évident que ce procédé s'applique à toutes les plantations d'arbres et qu'il pourrait rendre de grands services dans les colonies, puisqu'il diminue énormément la main-d'œuvre et favorise la pousse.

THÉRAPEUTIQUE. — *Essai de traitement de la grippe par la plasmothérapie (injections intra-veineuses de plasma de convalescent).* Note de MM. **A. Grigaut** et **Fr. Moutier**, présentée par M. Charles Richet.

Nous avons été frappés de ce fait que la grippe, maladie cyclique, tourne court vers le septième jour (dans un sens favorable ou non) que des complications broncho-pulmonaires soient ou non en cause. Nous avons pensé qu'en fournissant à l'organisme dès le début de l'infection les substances immunisantes qu'il doit élaborer pour faire les frais de la crise, on pourrait abréger et rendre favorable le cycle morbide.

Les différents essais d'hématothérapie, d'auto- ou d'hétérosérothérapie auxquels nous avons procédé selon les procédés actuels, ne nous ayant pas donné de résultats bien probants, nous avons eu recours à la plasmothérapie intra-veineuse, telle qu'elle vient d'être instituée par MM. Charles Richet, P. Brodin et Saint-Girons (¹). Démontrant l'innocuité absolue du plasme de cheval en injection intra-veineuse chez le chien, ces auteurs indiquaient en même temps les bénéfices qu'on pouvait espérer de cette méthode dans le traitement des hémorragies graves et des infections.

Nos essais ont porté exclusivement sur des grippes à forme pulmonaire. Les donneurs, indemnes de tout antécédent syphilitique, paludéen, etc., étaient des convalescents de complications très graves. La saignée fut faite du quatrième au sixième jour de la convalescence, selon la technique suivante :

Le sang est prélevé dans la veine du pli du coude au moyen d'une grosse aiguille. On le reçoit, avec toutes les précautions aseptiques, dans des ballons stériles renfermant quelques centimètres cubes d'une solution de citrate de soude à 10 pour 100. La quantité de citrate de soude est calculée de manière à obtenir un mélange citraté à 4 pour 1000. Il est important, pour éviter les coagulations, d'agiter le récipient pendant toute la durée de la saignée et de veiller à ce qu'aucune parcelle du sang recueilli n'ait été en contact avec les tissus. Après sédimentation spontanée des hématies à basse température, le plasma décanté est enfermé dans des vases stériles. Si, par suite d'une décantation trop brusque, quelques hématies venaient souiller le plasma, il n'y a pas lieu de s'en préoccuper.

Les injections auxquelles nous avons procédé sur l'homme correspondent à des plasmas âgés de 4 heures au moins et de 8 jours au plus, c'est-à-dire à des saignées faites depuis un temps compris entre ces deux limites. Nous avons pris le soin, dans

(¹) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 618.

nos premiers essais, de vérifier préalablement, par injection intra-veineuse au lapin, l'innocuité des plasmas destinés à l'homme. Indifféremment, nous avons employé le plasma fourni par un seul sujet ou le mélange de plasmas provenant de plusieurs donneurs. L'injection a été pratiquée lentement à la seringue ou plus commodément à l'aide d'un dispositif à écoulement continu dans le cas de fortes doses. Ces doses ont varié entre 50^{cm^3} et 500^{cm^3} en 24 heures en une seule injection ou en injections répétées, sans que dans aucun cas nous n'ayons observé de réaction immédiate ou éloignée.

Il existe un constraste remarquable entre la sécurité que présente l'injection de plasma et la surveillance attentive que nécessitent toujours plus ou moins les injections intra-veineuses de sérums spécifiques ou de métaux colloïdaux.

Les résultats thérapeutiques obtenus sont entièrement différents selon que le traitement est précoce ou tardif. Sur 65 cas de grippe à forme pulmonaire reçus dans notre service, 10 choisis parmi les plus graves d'emblée ont subi le traitement plasmothérapique. 8 traités avant le troisième jour ont été l'objet *d'une amélioration immédiate, saisissante, sous le triple rapport de la température, de l'état général et des accidents pulmonaires;* brusquement la maladie tourne court et la crise se produit en 24 heures. Il a suffi la plupart du temps d'une seule injection de 60^{cm^3} et pour obtenir un tel résultat.

Au contraire, dans les deux autres cas traités après le cinquième jour, la maladie a suivi son évolution fatale, malgré les fortes doses employées (500^{cm^3} en 24 heures).

Ainsi donc l'injection intra-veineuse de plasma de convalescent, pratiquée au début de la grippe, semble hâter l'immunisation de l'organisme et provoque une crise précoce. Pratiquée à une période tardive de la maladie, cette thérapeutique reste sans effet, comme si à ce stade ultime l'organisme n'était pas plus capable d'utiliser les substances immunisantes qu'on lui fournit, qu'il n'a été capable de provoquer sa crise de par lui-même.

Remarques de M. **Charles Richet** *à propos de la plasmothérapie.*

J'ai fait, avec P. Brodin et Saint-Girons, chez l'homme, quelques injections de plasma de cheval, soit aux armées, dans l'ambulance de Ockinczye; soit à Paris, dans le service d'Ed. Lesné à l'hôpital Tenon. Le moment n'est pas venu encore d'en parler. Tout ce que je puis dire, c'est que chez les huit malades ou blessés qui ont reçu du plasma de cheval, il n'y

a pas eu d'accident immédiat ou tardif, même quand la dose injectée a été assez forte, de 350$^{cm^3}$.

A plus forte raison, la plasmothérapie de plasma humain, celle qu'ont faite MM. Grigaut et Moutier, dans le traitement de la grippe, doit-elle être inoffensive, puisque même la plasmothérapie de plasma hétérogène a paru jusqu'à présent être sans nocuité.

M. L. Reutter de Rosemont adresse une note intitulée : *Contribution à l'étude de nouvelles méthodes extractives et de dosage des alcaloïdes.*

A 16 heures et quart l'Académie se forme en comité secret.

COMITÉ SECRET.

La commission chargée de présenter une liste de candidats à l'une des places de membres de la division des sciences appliquées à l'industrie, présente, par l'organe de M. le Président, la liste suivante :

En première ligne	M. Maurice Leblanc
En seconde ligne, ex æquo et par ordre alphabétique	MM. Georges Charpy Auguste Rateau
En troisième ligne, ex æquo et par ordre alphabétique	Hilaire de Chardonnet Georges Claude Charles Rabut

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17 heures et demie.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de septembre 1918 (*suite et fin*).

Eighteenth and *Seventeenth report of the Michigan Academy of science,* by Richard A. Smith. Lansing, Michigan, Crawford Co, 1916; 2 vol. 23^{cm}.

The nautical almanac and astronomical ephemeris for the year 1921, *for the meridian of the royal Observatory at Greenwich.* London, published by his Majesty's stationery Office, 1918; 1 vol. 23^{cm}.

Annuario demographico. Secção de estatistica demographo-sanitaria. Anno XXIII: 1916. São Paulo, Typ. do Diario Official, 1917; 1 vol. 27^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 NOVEMBRE 1918.

PRÉSIDENCE DE M. P. PAINLEVÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. les Délégués étrangers à la Conférence des Académies interalliées.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur une méthode de détermination de la vitesse et de la direction des vents, par temps couvert, à l'aide de sondages par le son.* Note de M. le général **Bourgeois**.

Dès avant la guerre, la détermination de la vitesse et de la direction du vent aux hautes altitudes présentait une grande importance aux yeux des météorologistes qui espéraient, non sans raison semble-t-il, améliorer ainsi par leur étude la prévision du temps.

Au cours de la guerre, la connaissance des mouvements de l'atmosphère à grande hauteur est rapidement devenue une nécessité absolue, une nécessité constante. En effet, les courants supérieurs, qui autrefois n'entraînaient que quelques nuages glacés, sont actuellement sillonnés sans cesse par les obus de l'artillerie moderne, les avions de reconnaissance lointaine et les avions de chasse qui les poursuivent. L'influence des vents sur un obus est telle que, pour préparer un tir avec précision, il y a nécessité absolue de connaître les mouvements aériens jusqu'au sommet de la trajectoire, surtout au sommet où l'obus, dont la vitesse est alors minima, subit plus longtemps l'action du vent.

Cette nécessité est en outre constante, car il faut pouvoir tirer avec

précision, de nuit comme de jour, et tous les jours, même si des brouillards ou des nuages très bas voilent à nos regards les couches élevées de l'atmosphère, compliquant ainsi gravement les mesures, même si les vents de tempête viennent ajouter de nouvelles difficultés.

Ces conditions sévères imposées par les circonstances à la météorologie militaire l'ont conduite à abandonner, pour exécuter les sondages par temps couvert, toutes les méthodes précédemment employées, dont aucune ne présentait une sécurité suffisante pour fonctionner dans des cas si divers et si difficiles. La méthode actuellement en usage, dite *du sondage par le son*, a été mise au point au Bureau météorologique militaire dans le courant de l'année 1917.

Principe de la méthode. — On laisse s'élever un ballon gonflé d'hydrogène qui devient le jouet des vents dans les couches qu'il traverse successivement et décèle le mouvement qui les anime par la dérive qu'il y subit. La trajectoire du ballon qui est dissimulé par les brouillards ou des nuages bas est déterminée de la manière suivante : le ballon emporte des pétards qui éclatent à intervalles réguliers. Des appareils de repérage par le son enregistrent les explosions, ce qui permet de déterminer la position des points d'éclatement dans l'espace. La trajectoire est ainsi jalonnée par une série de points, par une série de visées acoustiques, pourrait-on dire, de même que dans la méthode de sondage par théodolite, employée par temps clair, elle se trouve jalonnée par une série de visées optiques. L'ensemble des projections horizontales des points d'éclatement et la connaissance des temps écoulés entre les éclatements successifs permettent de déterminer la vitesse et la direction moyenne du vent entre les altitudes où se sont produites deux explosions successives.

Le caractère original de cette méthode et la source de tous ses avantages résident dans l'emploi des éclatements sonores pour la détermination des positions successives du ballon.

Détails d'exécution. — Les ballons employés sont de petits ballons en caoutchouc de 1^m ou $1^m,30$ de diamètre. Les pétards sont chargés de mélinite et leur poids total est seulement de l'ordre de 200^g. Malgré la faiblesse de ces moyens, les explosions sont perçues fréquemment à une distance d'une quinzaine de kilomètres et ce malgré des vents contraires d'une vitesse supérieure à 10^m. Les vents contraires ne paraissent d'ailleurs pas gêner sensiblement l'audition. Quant à l'éloignement, il a, comme on voit, une

influence infiniment moindre qu'à terre. On peut en dire autant des éclatements d'obus contre avions, et c'est même cette remarque qui a donné l'idée de la méthode du sondage par le son.

Les constructions des points d'éclatement doivent être exécutées en quelques instants pour que le sondage soit transmis sans délai par T. S. F. Le problème est plus compliqué en théorie que le repérage des batteries puisque les intersections d'hyperboles sont remplacées par des intersections d'hyperboloïdes. Des artifices pratiques permettent une solution très rapide.

Résultats obtenus. — Les résultats obtenus seront publiés complètement par les soins du Service géographique de l'Armée. Nous les exposerons sommairement en les comparant à ceux de l'observatoire allemand de Lindenberg (¹) qui s'était spécialisé depuis 10 ans dans les mêmes recherches et employait les anciennes méthodes du ballon captif et du cerf-volant. Cet observatoire passait, non sans raison, pour un des mieux outillés.

Nombre de jours d'ascension. — Le sondage par le son fonctionne tous les jours. Le sondage par ballon captif n'a pu fonctionner à Lindenberg que pendant 91 jours sur 365, dont 24 jours sur les 180 jours du semestre octobre-mars. Le sondage par cerf-volant, plus heureux, a pu fonctionner pendant 274 jours. Encore au cours de ces 91 jours, l'appareil a-t-il été arraché 40 fois et son câble rompu, occasionnant une perte de câble de 100^{km}.

Hauteurs atteintes. — La méthode combinée du cerf-volant et du ballon captif a très rarement atteint 5000^m. Le record du monde de hauteur est dû au ballon, avec 7058^m, dans des circonstances extraordinairement aisées : vent nul jusqu'à 3000^m, de 2^m à 3^m de moyenne au delà.

Le sondage par le son atteint assez facilement cette hauteur. Une bande obtenue par vent de 7^m environ a montré qu'à 6850^m les enregistrements sont très nets. Même observation au sujet d'un éclatement qui s'est produit par vent de 16^m et pluie. Des altitudes de 8000^m à 10000^m ont été atteintes plusieurs fois (à titre d'essai); elles n'ont pas été recherchées, car elles n'avaient aucune application pratique.

Quant aux vitesses de vent qui arrachent ballons captifs ou cerfs-volants, elles ne constituent pas une gêne pour le sondage par le son qui fonctionne encore par des vents de l'ordre de 35^m par seconde; ces vents sont parmi

---

(¹) *Annales de l'Observatoire de Lindenberg*, 1913, dernière année publiée.

les plus violents qu'on rencontre ordinairement dans nos régions.

Teisserenc de Bort partageait l'atmosphère en deux parties : la troposphère et la stratosphère. La première, qui a une épaisseur moyenne de 10^{km} à 12^{km}, serait le siège des courants verticaux et des phénomènes qui régissent le climat de nos régions. Le sondage par le son donne pour la première fois un moyen d'explorer presque complètement cette partie fondamentale de la couche atmosphérique.

Conçue à l'origine dans un but exclusivement utilitaire d'application à l'artillerie, cette méthode met actuellement à la disposition de la science météorologique un des plus puissants moyens d'investigation qu'elle ait possédés.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Division des *Sciences appliquées à l'Industrie*.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 50,

M. Maurice Leblanc	obtient.	37 suffrages
M. de Chardonnet	»	4 »
M. Charpy	»	3 »
M. A. Rateau	»	2 »
M. Claude	»	1 suffrage
M. Laubeuf	»	1 »
M. Lumière	»	1 »

Il y a 1 bulletin nul.

M. **Maurice Leblanc**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Botanique, en remplacement de M. *Charles-Eugène Bertrand*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 51,

M. Sauvageau	obtient	34 suffrages
M. Leclerc du Sablon	»	15 »
M. Houard	»	1 suffrage

Il y a 1 bulletin blanc.

M. **Sauvageau**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. le Maréchal **Foch**, élu dans la Division des Membres libres, adresse des remercîments à l'Académie.

Sir **Philip Watts**, élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture du télégramme suivant :

Madrid, 16 novembre 1918.

Bon nombre de naturalistes espagnols étant réunis pour célébrer le triomphe de la civilisation, saluent en votre personne leurs collègues des nations alliées.

Hernandez Pacheco, Fernandez Navarro, Lozano, Cabrera, Merced, Zulueta, Surmely, Cuesta, Zarco, Carandell, Rioja, Alvarado, Sanchez, Gila, Ferrer, Fresca, Royo, Ibarra, Piña, Cusi, Susaeta, Rosilló, Bolivar, Ilueca.

La **Société Gauthier-Villars et Cie**, qui édite les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, annonce à l'Académie que la direction de la maison d'édition a été confiée à M. André Ducrot, ancien élève de l'Ecole Polytechnique, qui remplace M. *Albert Gauthier-Villars*, décédé.

MM. **R. Legendre**, **Ombredanne** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **Paul Garrigou-Lagrange** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Détermination spectrale de fonctions.* Note de M. **Michel Petrovitch**, présentée par M. Hadamard.

Les procédés usuels de détermination d'une fonction analytique $f(z)$ par des *conditions discrètes* exigent généralement une *infinité* de données numériques comme le sont, par exemple, les coefficients de séries correspondant à la fonction, les valeurs que prend la fonction pour des valeurs données de z, etc. (1). Le nombre de données nécessaires et suffisantes n'est limité qu'exceptionnellement, dans des cas très particuliers où l'on connaît à l'avance la forme analytique de la fonction à un nombre limité de constantes près [par exemple dans le cas où $f(z)$ se réduit à un polynome algébrique, exponentiel, trigonométrique, etc.].

On peut cependant montrer, par des exemples simples, *qu'une fonction $f(z)$ peut être complètement déterminée dans une région du plan des z par une seule donnée numérique* E *rattachée à elle d'une manière convenable, avec l'adjonction de quelques conditions complémentaires d'une nature qualitative.*

Ainsi la fonction $f(z)$ est déterminée sans ambiguïté au voisinage de son point ordinaire $z = 0$ par la condition que ses coefficients de développement en série de puissances de z soient tous des nombres entiers tels que l'on connaisse les signes de leurs parties réelles et imaginaires respectives, et par la valeur numérique que prend une certaine combinaison de $f(z)$ pour une valeur particulière convenablement choisie de z. Dans le cas, par exemple, où les coefficients sont tous des entiers réels positifs plus petits que 10, et que

$$f(0,1) = \frac{1}{3} = 0,3333\ldots,$$

la fonction ne saurait différer de $\frac{3z}{1-z}$.

La fonction $f(z)$ est également déterminée sans ambiguïté pour toute

(1) E. Borel, *Sur l'interpolation* (*Comptes rendus*, t. 124, 1897, p. 673-676).

valeur de z par la condition que l'intégrale

$$\int_0^\infty e^{-t} f(zt)\, dt$$

soit développable, au voisinage de $z = 0$, en série de puissances ayant pour coefficients des nombres entiers dont le module ne croît pas indéfiniment avec leur rang, et par une seule valeur numérique précise rattachée à la fonction $f(z)$. Lorsque, par exemple, les coefficients sont alternativement positifs et négatifs, plus petits en valeur absolue que 100, et que

$$\int_0^\infty e^{-t} f\left(\frac{t}{100}\right) dt = \frac{7}{11} = 0,636363\ldots,$$

la fonction $f(z)$ coïncide nécessairement avec $63e^{-z} - 1$.

La fonction $f(z)$ dont la combinaison $zif'(-zi)$ est développable en série de puissances de z à coefficients entiers positifs ayant un seul chiffre, et telle que

$$\frac{i}{10} f'\left(-\frac{i}{10}\right) = \frac{2}{3} = 0,6666\ldots$$

ne saurait différer de $6\log(1 - zi)$.

On démontre (à l'aide du théorème d'Eisenstein) qu'une fonction *algébrique* $f(z)$ est complètement déterminée au voisinage d'un point ordinaire $z = a$, à l'aide de trois nombres entiers et d'un nombre fractionnaire en rapport avec la fonction, en sachant que les coefficients du développement de $f(z)$ suivant les puissances de $z - a$ sont des nombres *commensurables* dont on connaîtrait les signes de leurs parties réelles et imaginaires respectives.

On peut déterminer la courbe plane $y = f(x)$ dont la sous-tangente est une fonction holomorphe de x au voisinage de $x = 0$, développable en série de puissances de x à coefficients inconnus entiers positifs n'augmentant pas indéfiniment avec leur rang, en ne connaissant que la longueur de la sous-tangente pour une valeur convenablement choisie de x. Dans le cas, par exemple, où ces coefficients sont des entiers positifs plus petits que 10 et où la sous-tangente au point $x = 0,1$ a la longueur égale à la périphérie du cercle de rayon 1, les courbes cherchées coïncident avec la famille

$$y = C\left(1 + \frac{x}{6} - \frac{x^2}{72} - \frac{31}{432} x^3 + \ldots\right) \qquad (C = \text{const.}),$$

où le coefficient λ_n de x^n est déterminé par la relation de récurrence

$$6(n+1)\lambda_{n+1} + 2n\lambda_n + 8(n-1)\lambda_{n-1} + 3(n-2)\lambda_{n-2} + \ldots = \lambda_n \qquad (\lambda_0 = 1),$$

le coefficient numérique du $k^{\text{ième}}$ terme du premier membre étant la $(k-1)^{\text{ième}}$ décimale de 2π.

Ces exemples ne représentent pas des cas isolés et exceptionnels. Ils révèlent un fait d'ordre général qui pourrait jouer un rôle utile dans diverses branches de calcul et qu'on peut résumer de la manière suivante :

Une multitude de problèmes à un nombre *limité* ou *illimité* d'inconnues (et par suite aussi à *une fonction inconnue*), sur lesquelles on posséderait certaines données *qualitatives*, peuvent être résolus *à l'aide de groupements convenables de décimales de certaines expressions numériques* E rattachées au problème considéré (*procédé spectral* de calcul numérique).

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur les surfaces de Poincaré d'ordre* 6. Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Appell.

Combien existe-t-il de surfaces de Poincaré, pour une valeur donnée de la vitesse angulaire? M. Liapounov a démontré rigoureusement ([1]) qu'il ne pouvait y en avoir plus de deux; il ne pourrait d'ailleurs en exister deux qu'au voisinage d'un Jacobien critique d'ordre m pair, et seulement alors si une certaine fonction des éléments de ce Jacobien est nulle. Cette fonction étant trop compliquée pour se prêter à une discussion générale, M. Liapounov a dû se borner à l'examen de deux cas particuliers, $m=4$, le seul pour lequel il connut les éléments du Jacobien, et m très grand, où les fonctions de Lamé peuvent êtres remplacées, d'une façon approchée, par des fonctions de Bessel. L'expression considérée n'est nulle dans aucun de ces deux cas. Comme nous avons, dans un travail récent ([2]), calculé pour la première fois les valeurs des axes du Jacobien critique d'ordre 6, nous pouvons faire un pas de plus, et voir ce que donnent alors les formules de M. Liapounov.

Les axes du Jacobien critique d'ordre m étant ([3]) $\sqrt{\rho}$, $\sqrt{\rho+q}$, et $\sqrt{\rho+1}$,

---

([1]) *Sur les figures d'équilibre, peu différentes des ellipsoïdes, d'une masse liquide homogène douée d'un mouvement de rotation*, 1re Partie, n° 79; 3e Partie, nos 39 à 55.

([2]) *Sur les surfaces de Poincaré* (Thèse de doctorat, 1918).

([3]) Notations de M. Liapounov.

la fonction considérée est

$$U = \frac{d}{d\rho}\,\frac{\rho E^2 F}{\Delta},$$

où E est la fonction de Lamé d'ordre m de ρ, convenablement définie, F la fonction de seconde espèce correspondante, et où

$$\Delta = \sqrt{\rho(\rho+1)(\rho+q)}.$$

Telle est l'expression donnée par M. Liapounov. Cherchons d'abord à la mettre, dans le cas général, sous une forme se prêtant au calcul. Remarquons qu'entre ρ et q existe l'équation de Poincaré

$$\frac{EF}{2m+1} = \frac{\rho}{2}\int_{\rho}^{\infty}\frac{dt}{t\,\Delta(t)}.$$

Le second membre, que l'on désigne par R, est une fonction connue; dans le cours du calcul des axes du Jacobien, on a été en effet conduit à calculer la valeur de la quantité $\Delta\frac{R}{\rho}$.

On a donc, d'une part,

$$F = (2m+1)\frac{R}{E}$$

et, d'autre part, d'après la définition des fonctions de seconde espèce,

$$\frac{dF}{d\rho} = \frac{F}{E}\,\frac{dE}{d\rho} - \frac{2m+1}{2E\Delta}.$$

En portant dans U ces valeurs de F et de F′, on trouve

$$U = \frac{(2m+1)ER}{\Delta}\left[1 + 3\rho\frac{E'}{E} - \rho\frac{\Delta'}{\Delta}\right] - \frac{(2m+1)\rho E}{2\Delta^2}.$$

En faisant apparaître le terme connu $\Delta\frac{R}{\rho}$, on voit que U ne s'annulera qu'avec l'expression

(1) $$2\Delta\frac{R}{\rho}\left[1 + 3\rho\frac{E'}{E} - \rho\frac{\Delta'}{\Delta}\right] - 1.$$

Venons donc au cas $m = 6$ que nous avons en vue. Le calcul nous ayant

donné les valeurs

$$\rho = 0,0200,$$
$$q = 0,0024,$$
$$E = \rho^3 + 1,638\rho^2 + 0,726\rho + 0,069,$$
$$\frac{\Delta R}{\rho} = 0,4965,$$

nous n'avons qu'à porter ces nombres dans l'expression (1) : nous constaterons qu'elle est égale à

$$0,9930 \times 0.6102 - 1,$$

ce qui n'est évidemment pas nul. Le résultat trouvé par M. Liapounov pour les surfaces de Poincaré d'ordre 4 s'étend donc aux surfaces d'ordre 6; ce qui apporte un argument de plus en faveur de l'hypothèse, énoncée par le géomètre russe, qu'il ne peut jamais exister, au voisinage d'un Jacobien critique donné, plus d'une surface de Poincaré correspondant à une vitesse angulaire donnée.

HYDROGRAPHIE. — *L'exploration hydrographique des côtes de Sibérie, en* 1918, *par le Ministère de la Marine russe.* Note de **J. de Schokalsky**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Le levé des côtes de Sibérie commencé, de 1734 à 1744, par des officiers de la Marine russe, a été, depuis, plusieurs fois repris et poursuivi. De 1894 à 1904 notamment, la zone ouest a fait l'objet de relevés précis, accompagnés de sondages qui ont permis d'établir des services réguliers de navigation entre la Sibérie et l'Europe.

De 1909 à 1915, au cours du levé des rivages sis à l'ouest de la presqu'île de Taimur, on a découvert la Terre de Nicolas II. L'année suivante, on effectuait, pour la première fois, en bateau, le passage de l'Est à l'Ouest.

Le chef du Service hydrographique, M. Bialokos, a décidé de reprendre l'étude complète de ces côtes et, dans ce but, il a organisé une expédition dont le départ est prochain.

Cette expédition est divisée en deux sections : celle de l'Ouest, dirigée par M. Wilkitsky; celle de l'Est, par M. Novopachennij, ancien commandant du bateau *Le Vaigatch* qui, en 1913-1915, longea la côte de ce nom et hiverna dans le voisinage de la presqu'île de Taimur.

Le champ d'action de la section ouest s'étend de la mer Blanche jusqu'au

cap Tcheliuskin; celui de la section est va de ce dernier point au détroit de Dejnef.

Les travaux des deux expéditions comprennent le levé hydrographique des rivages et celui des deltas des principaux fleuves : Obi, Léna, Kolima, Ienisseï, etc. On y joindra l'étude des glaces et de leur régime. A cet effet, des stations d'observation, pourvues d'appareils radiotélégraphiques, seront établies le long des côtes et utilisées aussi pour la prévision du temps.

Les mouvements des glaces seront en outre observés au moyen de navires spéciaux, qui suivront la lisière de la banquise pendant toute la période où la navigation reste possible.

Des stations d'observation seront créées à Matoschkin Char, à Obdorsk, à l'embouchure de l'Ienisseï, outre celles qui existent déjà à Jugorskij Char, dans l'île de Vaigatch et à Port-Dikson. D'autres stations de même nature seront encore établies au cap Jelanie (sur la côte nord de la Nouvelle-Zemble) et dans l'île de Belij (au nord de la péninsule de Jamal).

Dans la zone est, des stations seront installées tout d'abord à l'embouchure de la Léna et de la Kolima et ensuite dans l'île de Kolutschin, au cap Severnij, dans les îles de Aion, Medvejij, Liapovskij, ainsi qu'en des points à l'intérieur, formant relais entre ces stations et les bureaux ordinaires de télégraphe.

Le personnel des stations y séjournera toute l'année et en étudiera les environs, sous les rapports économique et commercial et au point de vue de la géographie physique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Solubilité de l'hydrate cuivrique, dans une certaine mesure de dosologie, dans l'hydrate sodique et l'hydrate potassique.* Note de M. **Justin Mueller**, présentée par M. A. Haller.

L'hydrate cuivrique est considéré comme n'étant soluble dans NaOH et KOH qu'en présence de corps organiques tels que l'acide tartrique, etc.

M. Maurice Prud'homme a trouvé le premier que la présence de corps organiques n'est pas indispensable. Il a montré (¹) que l'oxyde de cuivre (hydrate) se dissout dans la potasse ou la soude, en présence d'un sel de chrome, dont l'oxyde est facilement soluble dans ces alcalis. En chauffant la solution obtenue au-dessous de 100° on constate la formation d'un précipité rouge vif d'oxydule de cuivre.

(¹) *Bulletin de la Société chimique de Paris,* t. 17, 1872, p. 253.

Or j'ai trouvé que ni la présence de corps organiques, ni celle d'un autre oxyde ne sont nécessaires.

En quantités bien déterminées l'hydrate cuivrique est complètement soluble dans des lessives de NaOH ou de KOH suffisamment concentrées, les solutions obtenues sont parfaitement stables, elles ne se modifient pas par la chaleur, même après forte dilution.

La concentration de lessive nécessaire est pour NaOH : 37° à 39° B., soit une densité de 1,345 à 1,370; pour KOH : 45° à 48° B., soit une densité de 1,453 à 1,498; la proportion d'hydrate cuivrique pour 100cm³ de lessive, aux concentrations indiquées, est 0g,78 ou la quantité équivalente d'un sel de cuivre.

En diminuant la concentration des lessives ou en augmentant la proportion du cuivre la dissolution n'est plus complète.

Le Tableau suivant donne un aperçu des essais faits pour déterminer les doses nécessaires à une complète dissolution :

100cm³ lessive de NaOH	à 39° B.; 33,69 %; d = 1,370.	à 37° B.; 22,22 %; d = 1,345.	à 36° B.; 29,93 %; d = 1,332.	de 34° à 30° B.; d = 1,308 à 1,263.	à 39° B.
» ou de KOH	à 48° B.; 47,1 %; d = 1,498.	à 45° B.; 43,4 %; d = 1,453.	à 43° B.; 40,9 %; d = 1,424.	de 41° à 35° B.; d = 1,397 à 1,320.	à 48° B.
20cm³ solution de $CuSO^4 + 5$ aq. à 10 % (¹)	liqueur bleu franc	liqueur bleu franc	liqueur bleu franc	liqueur bleu franc	liqueur bleu franc (²)
En chauffant la liqueur à l'ébullition	sans changement	sans changement	sans changement	sans changement	d'abord sans changement, puis noircissant
En diluant la liqueur et en chauffant ensuite à l'ébullition	reste bleue et limpide	reste bleue et limpide	il se produit un louche noirâtre de CuO	noircit, dépôt noir brunâtre	noircit, dépôt noir brunâtre
Solutions	complètes		incomplètes.		

Au moment du contact il se forme un précipité volumineux d'hydrate cuivrique qui, en agitant, se dissout en formant une liqueur d'un beau bleu corsé.

(¹) Correspondant à 0g,78 de $Cu(OH)^2$.

(²) En augmentant les proportions du cuivre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouveau passage synthétique des corps gras aux corps aromatiques*. Note de M. **Tel. Komninos**, présentée par M. Charles Moureu.

Comme matières premières pour constituer le noyau benzénique, j'ai employé le chlorure de malonyle et l'acétone. Par le simple mélange de ces deux corps, un échauffement se produit aussitôt et des vapeurs abondantes de gaz chlorhydrique commencent en même temps à se dégager; le liquide donne les réactions colorées de la pholoroglucine. Au bout de deux jours, ce caractère s'est affaibli, et le troisième jour il a disparu, parce que le gaz chlorhydrique qui se forme provoque des réactions secondaires et une décomposition ou une résinification de la phloroglucine initialement produite.

Étant assuré de la formation de la phloroglucine, il me fallait trouver le moyen d'éliminer ou plutôt de fixer le gaz chlorhydrique pour éviter son action nuisible. J'ai employé avec succès à cet effet le carbonate de calcium.

Expérience principale. — Je pris des quantités de $CH^2(COCl)^2$ et de $CH^3-CO-CH^3$ proportionnelles à leurs poids moléculaires, c'est-à-dire 28^g du premier et $11^g,5$ du second, et j'ajoutai immédiatement 20^g de petits morceaux de marbre. Une élévation de température et un vif dégagement de gaz carbonique furent immédiatement observés, de sorte que je dus refroidir le mélange pour éviter des pertes d'acétone; et, après que la réaction eut cessé d'être très vive, j'ajoutai encore quelques grammes d'acétone.

Le lendemain, je trouvai le verre plein de cristaux vermeils et très brillants. Je repris le produit par l'acétone, je filtrai et je séparai les morceaux de marbre, dont le poids, après dessiccation, était diminué de 5^g, tandis que, théoriquement, la réaction devrait consommer 10^g de CO^3Ca. Les cristaux furent bien lavés avec de l'acétone, puis avec de l'alcool et, finalement, avec de l'éther; après dessiccation leur poids était de 14^g.

Le filtrat fut alcalinisé et évaporé à sec; le résidu fut traité par de l'alcool absolu bouillant et évaporé de nouveau à sec; ce nouveau résidu fut repris par l'eau, et le filtrat fut également évaporé à sec. Enfin le produit fut traité par de l'éther; il y eut un résidu de 1^g environ d'une masse cristalline, dont le point de fusion était 217°, identique à celui qui est donné partout pour la phloroglucine.

Examen des cristaux. — Leur point de fusion, malgré plusieurs recristallisations dans l'acétone, n'a pu être déterminé. A la température de 95°-100°, ils commencent à se colorer; à 160° leur couleur devient très foncée. On observe bientôt un dégagement de gaz et une carbonisation de la matière. Ces cristaux sont insolubles dans l'éther et l'alcool, mais solubles dans l'acétone. Le liquide résultant de leur action sur l'eau à chaud contient du chlore. Il faut remarquer qu'aucune des solutions précédentes ne donne la réaction de la phloroglucine.

D'après ces réactions, il paraît plutôt probable que le composé chloré répond à la formule

$$Cl - CO - CH^2 - CO - CH^2 - CO - CH^3,$$

c'est-à-dire que 1^{mol} de HCl s'est dégagée pendant la réaction primitive.

Ainsi s'explique pourquoi il fut dépensé une quantité de CO^3Ca très inférieure aux prévisions théoriques. On s'explique de même la décomposition observée quand on chauffe la substance en vue de déterminer son point de fusion, décomposition due évidemment à la réaction de la seconde molécule de HCl qui se libère sur la phloroglucine formée.

Pour confirmer cette hypothèse, je pris une plus grande quantité des susdits cristaux (5^g), je les mêlai avec de l'eau, j'ajoutai 5^g de morceaux de marbre, et je chauffai le tout au bain-marie bouillant. D'abord, aucune réaction ne fut observée; mais, après 5 minutes, un dégagement abondant de CO^2 en même temps qu'une très intense réaction colorée de phloroglucine furent remarqués. Deux heures après, le dégagement cessa, et le liquide jaune obtenu fut filtré, les morceaux de marbre furent ensuite séparés et pesés : leur poids fut trouvé diminué de $1^g,5$, quantité correspondant à 1^{mol} de HCl. Le filtrat jaune, qui présentait une très vive réaction de phloroglucine, fut évaporé à sec, et le résidu fut traité avec de l'éther. La solution laissait, par évaporation, des cristaux de phloroglucine pure (4^g, environ) dont le point de fusion était 217°.

La quantité du chlore contenu dans les cristaux est 21,8 pour 100, tandis que la formule $C^6H^7ClO^3$ exige 21,84 pour 100.

Il ne reste donc aucun doute que les cristaux observés constamment dans toutes mes expériences ont la formule

$$Cl - CO - CH^2 - CO - CH^2 - CO - CH^3.$$

Ce corps, sous l'action de CO^3Ca, engendre de la phloroglucine selon

l'équation

$$Cl-CO-CH^2-CO-CH^2-CO-CH^3 - HCl = CH^2\left\langle\begin{matrix}CO-CH^2\\CO-CH^2\end{matrix}\right\rangle CO.$$

Par conséquent, la formation de la phloroglucine au moyen du chlorure de malonyle et de l'acétone peut être traduite par les schémas suivants :

1°
$$CH^2\left\langle\begin{matrix}CO-Cl\\CO-Cl\end{matrix}\right. + CaCO^3 + CH^3-CO-CH^3$$
$$= CaCl^2 + CO^2 + H^2O + CH^2\left\langle\begin{matrix}CO-CH^2\\CO-CH^2\end{matrix}\right\rangle CO.$$

2°
$$2CH^2\left\langle\begin{matrix}CO-Cl\\CO-Cl\end{matrix}\right. + CaCO^3 + 2CH^3-CO-CH^3$$
$$= CaCl^2 + H^2O + 2CH^2\left\langle\begin{matrix}CO-CH^2-CO-CH^3\\CO-Cl\end{matrix}\right. ,$$

et ce dernier corps donne ainsi de la phloroglucine selon l'équation

$$2CH^2\left\langle\begin{matrix}CO-CH^2-CO-CH^3\\CO-Cl\end{matrix}\right. + CaCO^3$$
$$= CaCl^2 + H^2O + 2CH^2\left\langle\begin{matrix}CO-CH^2\\CO-CH^2\end{matrix}\right\rangle CO.$$

Phloroglucine.

Résumé et conclusions. — 1° Si l'on fait réagir du chlorure de malonyle sur l'acétone, il se produit deux corps : de la phloroglucine et un composé particulier répondant à la formule

$$Cl-CO-CH^2-CO-CH^2-CO-CH^3,$$

aisément transformable en phloroglucine.

2° Le travail ci-dessus réalise un passage particulièrement simple de la série grasse à la série aromatique.

3° La formule de constitution de la phloroglucine, type très net de composé tautomère, est justifiée.

4° Une nouvelle voie synthétique est ouverte, qui met en œuvre les chlorures d'acides et les cétones.

GÉOLOGIE. — *Sur les cristaux de feldspaths développés dans les calcaires du Crétacé supérieur pyrénéen.* Note de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. H. Douvillé.

En pays basque on peut à l'aide des Foraminifères différencier, dans cette partie du Crétacé supérieur que M. Stuart-Menteath a nommé *le Flysch*, trois étages que caractérisent d'autre part des épisodes géologiques particuliers.

L'étage inférieur est représenté par deux formations réparties en des massifs relativement homogènes : l'une dont les matériaux des roches sont d'origine franchement marine, l'autre qui tire ses éléments de matériaux littoraux. Des brèches caractérisent la première; des poudingues, la seconde. Un grand nombre des entités lithologiques qui constituent cette seconde formation est caractérisé par la présence de débris roulés de tests de Mollusques à texture lamellaire associés à des Foraminifères benthiques. Les roches ainsi formées sont des bancs de graviers à très petits éléments, devenus cristallins.

Si les Foraminifères benthiques deviennent abondants le grain de la roche diminue, les débris de tests de Mollusques à texture lamellaire font peu à peu place à des prismes d'Inocérames et l'on voit apparaître une faune de Foraminifères à test hyalin représentée principalement par des *Lagena* et des *Rosalina :* il y a passage d'un gravier à un calcaire à Foraminifères.

Outre ces matériaux organiques on trouve, dans toutes ces roches, de petits morceaux arrondis d'un calcaire granuleux qui en lames minces paraît à peu près opaque et qui vu par réflexion se montre d'un blanc laiteux.

Les débris des tests de Mollusques sont attaqués par des algues perforantes qui les pénètrent sous la forme de petits tubes courbes et parfois pelotonnés sur eux-mêmes, ainsi que font, à l'égard des oolithes des minerais de fer, les algues du groupe des *Girvanella*. L'attaque est parfois si avancée qu'un petit galet formé des débris d'un test de Mollusque ne laisse plus voir qu'une très faible partie dont la texture soit conservée. Il n'y a pas de différence de matière entre les petits morceaux du calcaire granuleux, les débris de tests de Mollusques ainsi attaqués et le test des Foraminifères benthiques, Textilaridés et Rotalidées, qu'on trouve dans ces roches.

C'est précisément dans cette matière granuleuse que se sont produits, en même temps que les petits prismes de quartz, de très intéressants cristaux de feldspaths.

On reconnaît qu'il s'agit de microlites d'albite. Les individus en sont d'aspects variés, les uns aplatis suivant g^1, d'autres suivant p, presque tous maclés à la fois suivant la loi de l'albite et la loi de Carlsbad. Dans certains types de calcaires les cristaux se sont formés en deux générations : une première génération a donné des cristaux lamellaires aplatis suivant g^1 et allongés dans une direction normale à l'arête mt, sur lesquels sont venus s'orienter dans une seconde génération des cristaux losangiques ou hexagonaux aplatis encore suivant g^1, mais limités par les faces p, m, t, a^1. La macle de Carlsbad des cristaux de la première génération n'est pas visible en dehors du groupement sur ceux-ci des cristaux de la seconde génération, car pour les premiers la superposition des individus maclés de Carlsbad est telle qu'observés sur g^1 (seul mode d'observation praticable à cause de leur extrême minceur) ils ne mettent en évidence aucune particularité cristallographique : le groupement semble un individu unique qui dans une direction normale à mt, c'est-à-dire parallèle à son allongement, présente, en lumière polarisée, un minimum d'intensité lumineuse qu'on croit tout d'abord devoir se rapporter à une extinction.

Il est particulièrement intéressant de constater que ces microlites d'albite ne se sont formés que là où le calcaire est constitué de petits granules. Il est hors de doute que les algues du groupe de *Girvanella* ont eu la part prépondérante à l'élaboration des grains de ce calcaire et qu'elles ont été la cause première de la possibilité de production de ces feldspaths; néanmoins elles ne sont pas la cause de la production même de ceux-ci, car dans d'autres roches où l'on observe l'action des mêmes algues sur des débris d'organismes, on ne voit pas qu'il se soit nécessairement formé de feldspaths.

Dans la région d'Hendaye, où l'on peut étudier avec facilité les faciès qui contiennent ces cristaux, on ne les trouve que dans les roches du massif de Béhobie qui constituent la formation à matériaux littoraux dont nous avons parlé. Ils ne sont ni dans la formation à matériaux d'origine marine à peu près contemporaine, ni dans les deux étages supérieurs du Flysch.

Les conglomérats de la formation à matériaux d'origine littorale de ce premier étage du Flysch empruntent une partie de leurs éléments à un calcaire à Orbitolines d'âge cénomanien qui par place est graveleux. Dans ce calcaire des débris de tests de mollusques sont également attaqués par

les algues du type de *Girvanella* et l'on trouve encore des petits paquets d'un calcaire granuleux. Des cristaux d'albite se sont développés là aussi comme précédemment.

Mais la présence de ces cristaux d'albite n'est pas limitée aux roches du Crétacé basque. Je viens de retrouver ces mêmes feldspaths, produits dans les mêmes conditions dans les calcaires bréchiques qui accompagnent la brèche de Salles (Hautes-Pyrénées) récemment signalée par M. H. Douvillé (1).

On les trouve dans un calcaire bréchique à *Rosalina* et dans un calcaire à *Lagena* qui le surmonte. On les voit dans les parties de la roche qui sont formées de ce calcaire granuleux à l'élaboration duquel les algues du type de *Girvanella* ont pris part. Je ne les ai pas trouvés dans la brèche principale à gros éléments blancs.

Ainsi que l'a démontré M. H. Douvillé ces roches sont précisément d'âge cénomanien. Elles sont un peu plus anciennes que les premières couches du Flysch, mais tout à fait contemporaines des roches à Orbitolines qui entrent comme éléments dans les premiers conglomérats de celui-ci.

L'étude micrographique impose l'idée que les feldspaths se sont produits en même temps que la roche acquérait sa cristallinité.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Production de glycocolle par l'*Isaria densa. Note de M. **Marin Molliard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On observe assez fréquemment dans des cultures âgées de diverses Bactéries ou de Champignons inférieurs, effectuées sur des milieux gélatinés, la formation de cristaux prismatiques, groupés d'une manière radiaire; c'est ce que j'ai constaté avec une particulière intensité pour des cultures d'*Isaria densa* (2); le Champignon en question, tout d'abord cultivé sur du bouillon de foie gélatiné, dans des tubes à essais ordinaires, a produit, au bout de 2 mois, de gros cristaux rayonnants atteignant jusqu'à 2^{cm} de long et 1^{mm} d'épaisseur; ces cristaux se forment surtout dans la région où le milieu se détache par retrait de la paroi; il est aisé de les prélever à la pince et, après leur purification par dissolutions successives dans l'eau et précipitations par l'alcool, de constater qu'on se trouve en présence de

(1) H. Douvillé, *La brèche de Salles et de Sère-Argelès* (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 662).

(2) L'entomophyte dont il s'agit provient de chrysalides momifiées de *Zygæna occitanica* qui m'ont été obligeamment communiquées par M. E. Rabaud.

glycocolle; la substance possède en effet, en outre de la forme cristalline, le point de fusion (236°) et les différentes réactions du glycocolle, en particulier vis-à-vis du perchlorure de fer, de l'hydrate d'oxyde de cuivre et de la benzamide; enfin la réaction de Sörensen permet de s'assurer qu'on obtient avec la substance isolée le même taux d'acidité qu'avec un poids égal de glycocolle sous l'action du formol.

Il pourrait sembler qu'on se trouve ici simplement en présence d'une digestion tryptique de la substance protéique offerte en excès au Champignon; il se formerait divers acides aminés et en particulier du glycocolle cristallisant facilement par évaporation de l'eau. L'expérience m'a montré que le phénomène n'est pas de tout point comparable à une hydrolyse acide ou tryptique des matières protéiques. Refaisons des cultures de l'*Isaria densa* sur un milieu ne contenant que de la gélatine comme substance azotée et en outre du saccharose et les substances minérales nécessaires au développement du Champignon; opérons dans des fioles coniques à fond plat avec 10^{g} de gélatine additionnés de 50^{cm^3} de la solution nutritive. On constate un développement rapide de l'entomophyte, une liquéfaction progressive de la gélatine et, au bout de 6 mois, alors que la culture ne paraît plus subir de modifications, on trouve au fond du vase de gros amas constitués par des cristaux rayonnants et atteignant jusqu'à 3^{cm} de diamètre; par précipitations fractionnées à l'aide de l'alcool on peut extraire tout le le glycocolle restant dissous dans le milieu et l'on obtient au total une quantité de cet acide aminé correspondant à 33 pour 100 de la gélatine introduite; or l'hydrolyse de la gélatine par les acides ne donne que 16,5 pour 100 de glycocolle.

Cette différence quantitative est encore plus accentuée avec la fibrine; hydrolysé par les acides, ce corps fournit surtout de la leucine (15 pour 100) et seulement 3 pour 100 de glycocolle; sous l'action du mycélium de l'*Isaria densa* on obtient une quantité de glycocolle représentant 38 pour 100 de la fibrine transformée; il n'y a donc pas de rapport entre les quantités de glycocolle produites sous l'action des acides et par l'intervention du champignon étudié.

Avec l'ovalbumine, la sérumalbumine et la caséine, les résultats sont encore plus frappants, les différences devenant d'ordre qualitatif; aucune de ces substances ne donne en effet de glycocolle à l'hydrolyse acide; soumises à l'action de l'*Isaria densa* elles m'en ont fourni respectivement 35, 30 et 32 pour 100, c'est-à-dire des quantités de même ordre que pour la gélatine et la fibrine. Nous sommes donc en présence d'une action spécifique de la Mucédinée et les faits observés montrent qu'il est difficile de conclure

des produits de dédoublement qui résultent de la digestion d'une substance protéique à la constitution de celle-ci; la nature de ces produits est fonction du procédé employé pour réaliser la dislocation de la molécule protéique; de nouvelles expériences montreront si l'*Isaria densa* ne serait pas capable de produire du glycocolle à partir d'acides aminés plus complexes, amenant ainsi une simplification des protéines plus profonde que celle qui est réalisée par les acides ou par les trypsines.

J'ai observé des phénomènes analogues avec une levûre pathogène isolée de la gorge d'un malade atteint d'angine et il est logique de considérer que la production de glycocolle est en rapport avec la nature parasitaire des microorganismes qui la provoquent; en tout cas je n'ai rien obtenu de semblable avec des cultures de *Penicillium glaucum* faites parallèlement à celles de l'*Isaria;* cette Mucédinée banale ne produit pas de cristaux de glycocolle à partir de la gélatine, de l'ovalbumine, de la fibrine ni de la caséine; en présence de la sérumalbumine elle ne forme pas davantage de cristaux de glycocolle, mais donne naissance à de nombreuses paillettes de leucine qui n'apparaissent pas par contre avec l'*Isaria;* on sait que la leucine est l'acide aminé prédominant (20,5 pour 100) dans les produits de dédoublement de la sérumalbumine sous l'action des acides.

Cultivé sur du foie de bœuf, l'*Isaria densa* liquéfie énergiquement les tissus et il apparaît encore des amas cristallins de glycocolle lors de la dessiccation du milieu; on n'observe rien de semblable avec le *Penicillium glaucum* qui altère peu la consistance des tissus et ne produit pas de glycocolle.

En résumé, l'*Isaria densa* détermine à partir des protéines les plus variées une importante formation de glycocolle et le rendement obtenu, correspondant au tiers des substances transformées, permettrait d'utiliser les conditions biologiques de cette production en vue de la préparation du glycocolle.

PHYSIOLOGIE. — *La fonction mentale dans le travail féminin.* Note [1] de M. **Jules Amar**, présentée par M. Edmond Perrier.

Précédemment [2], deux faits ont été établis : l'un est que le travail physique de la femme égale à peine la moitié de celui de l'homme, en raison de l'infériorité de l'effort musculaire.

---

[1] Séance du 18 novembre 1918.

[2] Jules Amar, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 560.

Le second est que l'acte nerveux ou mental, s'il est *isolé*, s'accomplit aussi rapidement que chez les personnes du sexe mâle.

Il faut une grande fréquence de ces actes pour révéler un caractère qui soit particulièrement féminin.

En effet, l'activité mentale de la femme, de même que son activité physique, ne s'accommodent pas d'un *effort soutenu*, c'est-à-dire que l'exercice de la *volonté* n'y est pas constant.

Toutes les fois que cet effort mental se prolonge, que *l'attention* ne s'interrompt pas, il y a fatigue; et des retards et des erreurs se manifestent dans le travail.

Réactions psycho-motrices de la femme. — On s'est donc borné à examiner les lois de la fatigue chez ouvrières et employées ne faisant pas d'exercices de force, mais qui ont souvent à effectuer *très vite* de menues opérations d'un ordre plus ou moins cérébral : additionner des colonnes de chiffres, copier des lettres à la machine à écrire, compter des pilules ou des épingles et les enfermer dans de petits paquets, trier des plumes dont on vérifie que les pointes sont bonnes.

A quelles conditions chacune de ces opérations se produit-elle le plus vite et parfaitement? Quelles causes peuvent les retarder ou les favoriser? Ce sont des *lois générales* que nos expériences ont essayé de dégager.

Les réactions auditives. — Un métronome, réglé à 40, 50, 60, 90 et 120 battements par minute, inscrit ceux-ci en ouvrant et fermant un circuit de pile comprenant un signal Déprez. L'ouvrière répond à chaque battement en appuyant un doigt sur un petit tambour à air : la pression est enregistrée par un tambour de Marey.

Or, à partir de la cadence de 50, les mouvements tendent à devenir *réflexes et automatiques*, coïncidant avec les coups au lieu de les suivre. Que le tic-tac s'arrête inopinément, et le geste de l'ouvrière se produira fatalement. Ainsi, *les centres nerveux féminins obéissent au rythme sonore, à la fréquence de* 1 *à* 2 *coups par seconde.*

Imposons, maintenant, la condition de ne répondre que *tous les* 10 *coups*, après les avoir comptés. La réponse se fera avec un *minimum de retard* pour la cadence de 120. On a sensiblement le temps de réaction auditif normal, soit $0^s,16$, rarement $0^s,20$. Mais aux cadences de 80 à 90, le retard dépasse $0^s,25$. Au delà de 120, il y a des erreurs. *La fréquence de deux sons par seconde est donc la plus favorable au travail cérébral de la femme.*

Portons à 7 minutes la durée de l'expérience, en enregistrant aussi la pression respiratoire (tonogrammes). A partir du 400e battement, la fatigue s'accentue de telle sorte que le temps de réaction auditif dépasse $0^s,40$, et les respirations cessent d'être régulières.

De même que tout événement extérieur vient troubler la respiration féminine, de même l'*attention prolongée* est pour elle une cause de perturbation. L'ouvrière répond durant la *phase expiratoire*, et à l'instant où elle réagit les tonogrammes s'accélèrent, trahissant les caractères de l'*émotion*. Ce phénomène dure de 4 à 5 secondes, parfois le double. La fatigue, qui est réelle, puisque les respirations passent de 20 (1re minute) à 48 (6e minute) et augmentent d'amplitude, semble disposer à une plus grande émotivité.

La personne, au reste, déclare que « ces opérations continues, à une cadence *uniforme*, finissent par énerver; *malgré soi*, on se trompe, on hésite ».

Voilà le point à retenir : *les centres nerveux féminins sont incapables d'un effort constant; l'attention prolongée les fatigue en troublant la respiration; d'où, très souvent, des signes d'anémie et de neurasthénie.*

Les réactions visuelles. — On a recherché, ensuite, à quels intervalles les signaux visuels doivent se succéder pour régler les gestes de l'ouvrière avec un retard minimum. Et l'on a trouvé que le regard doit se produire $0^{s},04$ *après* le geste, la durée de celui-ci dépendant de la nature de l'ouvrage.

Et voici comment on s'en est assuré :

Les signaux lumineux (lampe électrique) ont une surface de 4^{mm^2}, et sont donnés instantanément par l'obturateur de notre psychographe. Ils se succèdent par deux. Exemple : Le premier signal est suivi, à $0^{s},22$, de la réponse motrice du sujet; le deuxième signal suit cette réponse à un intervalle de $0^{s},045$. De nouveau l'acte moteur a lieu, sensiblement aussi vite que le premier.

Réduisons l'intervalle à $0^{s},035$, la seconde réponse retardera d'au moins $0^{s},50$. Allongeons l'intervalle jusqu'à $0^{s},06$ et même $0^{s},12$; l'ouvrière n'en tardera que plus à répondre. Une certaine inertie se manifeste dans les gestes lorsqu'on leur impose des repos prolongés, et cela suppose que les centres nerveux, sollicités par l'impression visuelle, fonctionnent d'après un rythme déterminé. C'est en multipliant ces expériences, que nous sommes arrivé à la conclusion que :

Dans les travaux féminins réglés par la vue, le regard doit suivre le geste à un intervalle de $0^{s},04$ pour favoriser le meilleur rendement.

Ainsi, ramassant les aiguilles, l'ouvrière emploie $1^{s},45$ environ par unité. Ajoutons $0^{s},04$, on aura $1^{s},49$, soit une moyenne de 40 aiguilles par minute.

Toutefois, la répétition de ces impressions visuelles est cause sérieuse de fatigue. On a intercalé, sur le circuit de lampe du psychographe, un métronome qui permet de lancer les *éclairs* aux cadences de 60, 80, 100. La personne examinée se bouche les oreilles pour n'être pas influencée par le tic-tac. Or, après une série de 100 éclairs, le retard psychographique, normalement de $0^{s},21$, s'élève à $0^{s},40$ et parfois à $0^{s},50$. Réduisons la fréquence des illuminations; c'est celle de 40, précisément trouvée ci-dessus, qui conduit à la moindre fatigue. En d'autres termes, *il est physiologiquement impossible d'exiger d'une ouvrière une rapidité de mouvements, guidés par la vue, qui excède 40 par minute.*

Un fait intéressant, que les auteurs allemands avaient étudié sous le nom de *Bahnung* ou accélération des réactions, est le suivant : si l'ouvrière *entend* le tic-tac qui commande les éclairs, si son travail est réglé par un son cadencé à 40, il s'accomplira moins péniblement. La fatigue s'abaisse de 20 pour 100, car le retard psychographique atteindra rarement $0^s,35$.

Mais si, par contre, le tic-tac du métronome est plus rapide ou plus lent que la fréquence des éclairs, la fatigue s'accroît, et le rendement en travail est plus faible.

Les réactions psychiques. — Au lieu du son, prononçons des *paroles*. Les effets précédents, favorables ou défavorables au travail, se manifestent. La rapidité et le ton du discours agissent sur les régions motrices; la nature des paroles prononcées encore plus. *Le domaine de l'émotion* apparaît comme entièrement ouvert aux influences extérieures; il ne l'est pas au même degré, il trouble beaucoup moins le travail, dans le cas de l'homme.

Notre théorie de l'activité cérébrale, basée sur les vibrations nerveuses, se vérifie donc à toute occasion. La présence d'une surveillante, dans un atelier d'ouvrières, peut stimuler ou ralentir la production suivant l'accord ou la discordance des états nerveux. Et de pareilles manifestations de sympathie ou d'antipathie sont plus accusées chez les femmes en vertu de leur émotivité plus grande. Nous reviendrons sur cette question.

ANTHROPOLOGIE PÉDAGOGIQUE. — *Application pratique de la « Fiche scolaire » (d'un écolier suivi de 11 ans à 12 ans et demi)* (1). Note (2) de M. **Paul Godin**, présentée par M. Edmond Perrier.

Premier semestre. — Le développement physique *a* est en retard de 1 degré; la vigueur *d* est en retard de 1 degré; la santé *f* présente de la faiblesse fonctionnelle sans maladie; l'intelligence *i* est en avance de 1 degré; le pouvoir d'action *m* est retardé de 2 degrés, et comme corollaires de *a*, la nutrition du cerveau est de 1 degré inférieure à la moyenne, et l'éclosion de la puberté est retardée de 1 semestre; on peut prévoir que l'intelligence, insuffisamment étayée physiquement, ne soutiendra pas longtemps l'effort exigé par le travail classique. Le pouvoir d'action, où se réalise la coopération de l'esprit et du corps, est *inférieur* chez X..., victime de la culture dissociatrice.

Dès son arrivée, cet enfant se classe dans un groupe à part. Ce groupe n'existe pas à l'école. Il ira donc avec la masse des écoliers.

---

(1) Voir mes Notes du 2 septembre et du 14 octobre 1918.

(2) Séance du 28 octobre 1918.

Deuxième semestre. — Les prévisions se réalisent : *a* accentue son retard et perd un nouveau degré; *i* l'intelligence a faibli et reculé de 1 degré. Quelle est la cause de ces reculs? Il n'y a pas de maladie (ligne II); la puberté [1] est trop éloignée pour avoir une influence actuelle. On ne peut incriminer que l'éducation, qui est responsable, car elle n'a tenu aucun

Fiche scolaire de X..

Semestres	1er sem.	2e sem.	3e sem.	4e sem.
dates d'observation	mars 1917	sept. 1917	mars 18	sept. 18
âges	11 ans	11 ½	12 ans	12 ½

I représente le somatogramme; II, le physiogramme; III, le testogramme.

compte de la nature de l'enfant. Les lois de *mouvement*, d'*alternance* et d'*association fonctionnelle* ont été foulées aux pieds. L'enfant est devenu *paresseux*, et il a été puni. Était-ce lui qui méritait la punition? Le maître provoqua cependant au bout de trois mois un examen médical extraordinaire et le médecin conclut à la suspension des études et à l'engagement de l'enfant dans une section de boy-scouts.

Troisième semestre (comparaison du troisième semestre au deuxième). — *a* gagne 2 degrés; *f* la faiblesse fonctionnelle a disparu; résultats excellents du scoutisme et de l'éloignement de l'école pendant trois mois seulement. L'enfant n'a été soumis à aucune médication et à aucune gymnastique spéciale. On peut juger par là de ce que donnerait une direction éducative conforme d'emblée à la nature de l'enfant, c'est-à-dire aux lois du fonctionnement de son organisme d'enfant, et à leur application judicieuse à son individualité. Sans fatigue, toutes les ressources de l'enfant seraient cultivées à fond et le rendement maximum obtenu.

---

(1) Cf. *La croissance pendant l'âge scolaire* (mon cours de 1912-1913 à l'École des Sciences de l'éducation, Institut J.-J. Rousseau de Genève).

La conclusion, pour la direction éducative ultérieure, serait la continuation du scoutisme et le maintien de l'enfant hors de l'école.

Quatrième semestre. — X... a dû rentrer à l'école. Les règlements le veulent ainsi. Malgré la reprise du régime scolaire, les effets corrélatifs des progrès au troisième semestre de a et de f se produisent : la vigueur d gagne 1 degré. Le développement général a continue à progresser et prend une avance de 1 degré sur l'âge de X.... L'intelligence i suit la même progression que a. Le pouvoir d'action m a gagné 2 degrés, et c'est à la faveur du scoutisme que s'est organisée la coopération de l'esprit et du corps dans l'action. Maladresse, timidité et peur ont en partie disparu, en dehors de toute pédagogie correctrice, par le seul effet du courant actif établi en conformité de la nature de l'enfant.

Ces améliorations corrélatives varient pour chaque élève, et le maître, qui tient en mains les fiches scolaires de tous, doit en faire bénéficier sa pédagogie, désormais et avant tout utilisatrice et non plus gaspilleuse de forces par manie de contrecarrer.

A chaque semestre nouveau, la fiche scolaire s'augmente d'une nouvelle colonne, comparable aux précédentes.

En résumé, la *fiche scolaire*, bien interprétée, fournit au médecin, à la famille, au directeur de l'éducation physique, à l'éducateur scolaire : 1° des notions fermes sur la *nature individuelle*; 2° le *diagnostic* des *causes* de stationnement ou de retard des divers développements et fonctions; 3° un *contrôle* précis de l'*éducation physique* et de la direction pédagogique; 4° un guide sûr pour la conduite de la *culture intégrale* et l'obtention du rendement maximum de chaque organisme.

Tel est le résultat utile, pour l'enfant de France, de l'application pratique à son éducation de l'*anthropologie pédagogique basée sur la croissance*.

CHIRURGIE. — *Greffes fonctionnelles d'artères mortes.*
Note (¹) de MM. J. **Nageotte** et L. **Sencert**, présentée par M. Quénu.

Nous avons réussi à obtenir, chez le chien, la reviviscence de greffes artérielles mortes avec résultat anatomique et fonctionnel parfait. Nos opérations ont consisté soit à remplacer un segment de la carotide primitive, soit à combler une perte de substance de la paroi antérieure de l'aorte abdomi-

(¹) Séance du 18 novembre 1918.

nale par des greffons d'artères empruntés à des animaux de même espèce et conservés dans l'alcool. Nous relaterons ici une expérience-type de greffe carotidienne morte, avec examen histologique.

Le 11 juillet 1918, nous avons pratiqué sur un chien de moyenne taille l'opération suivante : incision de 10^{cm} dans la région carotidienne droite, isolement de la carotide sur une longueur de 8^{cm} à 10^{cm}; résection de $2^{cm},5$ à 3^{cm} du vaisseau, isolé sur une compresse imbibée de sérum physiologique; lavage minutieux au sérum, à l'aide d'une fine seringue, du segment supérieur et du segment inférieur du vaisseau isolé par des pinces; résection attentive, sur un bon centimètre, de l'adventice; mise en place, entre les deux bouts de l'artère, d'un segment de carotide de chien, tué et conservé dans l'alcool, et anastomose de ce greffon à la carotide de l'hôte par des surjets de soie fine conduits entre deux points d'appui latéraux. La double anastomose terminée, le sang passe immédiatement dans le bout périphérique de l'artère à travers le greffon.

Le chien n'a présenté aucun trouble; trois mois après nous l'avons sacrifié. La région carotidienne était absolument normale. Il n'y avait aucun épaississement du tissu conjonctif péri-artériel. Le greffon, dont on ne pouvait soupçonner la place pendant la vie, se reconnaît après la mort à ce qu'il s'aplatit, tandis que l'artère normale reste cylindrique. Les lignes de suture apparaissent sous forme de deux petits bourrelets circulaires très peu marqués. Par l'insufflation d'air, on se rend compte que l'artère et le greffon sont largement, parfaitement perméables.

Examen histologique de la pièce. — Les tissus de l'artère et ceux du greffon, mis au contact, se sont directement réunis.

La tunique interne, essentiellement cellulaire, est régulière et complète. Elle a été reconstituée, dans le greffon, par la multiplication et le cheminement des cellules endothéliales de l'artère, processus analogue à celui qui préside au glissement d'un épithélium sur une région dénudée.

La tunique externe et l'adventice ont repris tout simplement l'aspect habituel qu'elles ont dans une artère normale. Elles n'ont pas subi d'épaississement appréciable et rien, dans l'aspect des tissus, ne saurait faire penser à l'enkystement d'un corps étranger. La conservation, dans tous ses détails, de la charpente élastique de la tunique externe donne la preuve absolue que le tissu actuellement vivant est bien celui qui a été greffé et qu'aucune substitution ne s'est produite. Le nombre des fibroblastes qui l'habitent est tout à fait le même que dans les parties correspondantes de l'artère normale.

Dans la tunique moyenne l'appareil élastique est conservé intact jusque dans ses détails les plus délicats. Il est simplement affaissé par suite de la disparition des cellules musculaires. Contrairement à ce qu'on observe dans la tunique externe, la tunique moyenne n'est encore réhabitée que par un nombre très faible d'éléments cellulaires, mais, point capital, elle est le

siège de deux processus entièrement distincts l'un de l'autre et qui tendent l'un et l'autre à rendre au segment artériel greffé sa contractilité première.

Le premier consiste dans une *métaplasie cellulaire* d'un intérêt biologique très grand. On voit en effet que les éléments immigrés dans la tunique moyenne sont disposés en petits groupes épars dans toute la hauteur du greffon, mais limités jusqu'à présent aux couches les plus externes de la media. Ces éléments proviennent bien des tissus environnants par cheminement transversal et nullement des éléments de l'artère vivante par cheminement longitudinal. Or, par leur forme, par leur volume, par les fibrilles différenciées que l'hématoxyline au fer et l'hématoxyline de Mallory mettent en évidence dans leur protoplasma, ces cellules sont certainement des fibres musculaires lisses. Nous trouvons d'ailleurs dans nos coupes tous les stades de transformation par lesquels ont passé les fibroblastes vulgaires qui leur ont donné naissance.

Le deuxième consiste dans l'apparition de ce que nous appellerons un *myome de régénération*. Parti du point où la tunique musculaire de l'artère a été sectionnée, ce myome possède une trame élastique très fine, à direction circulaire; ses cellules contractiles présentent pour la plupart une orientation transversale. Il est situé entre l'endothélium rénové et l'élastique interne du greffon. Dans les coupes longitudinales, il figure une bande assez épaisse, recouvrant les points de suture perforants, qui se termine, à plusieurs millimètres de son origine, par une extrémité effilée. La croissance de ce myome était vraisemblablement en pleine activité au moment où l'expérience fut interrompue. Il est probable qu'une nouvelle tunique contractile complète aurait fini par s'édifier sur toute l'étendue du greffon par la rencontre des deux myomes opposés.

Comme conclusions simplement pratiques, et sans tenir compte aujourd'hui des problèmes biologiques supérieurs que soulèvent les constatations nouvelles que nous venons de rapporter, nous pouvons dire que nous avons obtenu, dans nos tentatives de greffes fonctionnelles d'artères mortes, des résultats aussi concluants que ceux que nous avions obtenus dans nos greffes fonctionnelles de tendons morts. Il n'y a rien d'étonnant à ce que, guidés par des idées théoriques précises et nouvelles dont la justesse nous avait été démontrée par les expériences antérieures, nous soyons arrivés, dans ce domaine de la greffe artérielle, à des résultats absolument opposés à ceux auxquels étaient arrivés les quelques expérimentateurs qui nous ont précédés.

Lewin et Larkin (1) ont, les premiers, tenté de remplacer les segments artériels par des segments d'artères dévitalisés et conservés dans le formol. Dans toutes leurs expériences, sauf une, l'artère s'oblitéra. L'examen histologique de la seule artère restée perméable montra, après dix semaines, une désintégration complète du greffon et la formation d'un tube conjonctif nouveau autour de lui.

Guthrie a réussi, une fois aussi, à conserver la perméabilité d'un greffon d'artère formaliné. Mais Carrel (2), qui rapporte ce fait sans détails, pense, lui aussi, que le greffon a servi uniquement d'une sorte d'échafaudage pour la construction d'une nouvelle artère. A son tour Carrel a essayé trois fois de transplanter des fragments d'artères tués; dans les trois cas, ses greffons furent imperméables. Pourtant cet auteur a réalisé, *mais à son insu,* des greffes fonctionnelles d'artères mortes à l'aide d'artères desséchées et portées à 100°. Pour expliquer la réussite de l'opération, Carrel n'hésite pas à dire que ces segments artériels n'étaient évidemment pas morts et il ne craint pas d'attribuer aux tissus des animaux supérieurs la propriété qu'ont les rotifères et certaines graines végétales de supporter, sans perdre leur vitalité, la dessiccation complète. Une telle interprétation montre bien que, sans le secours de notions théoriques exactes sur la constitution du tissu conjonctif, il était impossible aux expérimentateurs de reconnaître et de comprendre les faits de reviviscence en face desquels le hasard les avait amenés.

A 16 heures et demie l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 17 heures et demie.

A. Lx.

(1) Lewin et Larkin, *Transplantation of devitalised arterial segments; morphological changes in the implanted segments* (*Journal of medical Research*, vol. 11, 1909, p. 319).

(2) A. Carrel, *Latent life of arteries* (*Journal of experimental Medicine*, vol. 11, 1910, p. 460).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 2 DÉCEMBRE 1918.

PRÉSIDÉE PAR M. PAUL PAINLEVÉ.

En ouvrant la séance M. **Paul Painlevé** prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

Depuis ce mois de juillet 1914 où le militarisme allemand a déchaîné sur le monde un cyclone de fer et de feu, chaque année en cette même époque de décembre, les présidents successifs de notre Académie : MM. Appell, Jordan, Perrier, d'Arsonval ont exprimé l'espoir que leur successeur pourrait enfin saluer le triomphe de la France, de la justice, de la civilisation. Après de longues et cruelles épreuves, il s'est levé le jour de la Victoire, victoire si longtemps espérée, si longtemps attendue, à laquelle aspiraient toutes nos âmes, mais qui devait exiger tant de sang et un sang si pur. Et c'est à moi qu'échoit aujourd'hui le suprême honneur et la joie indicible d'adresser à nos armées l'hommage de reconnaissance et d'admiration de l'Académie des Sciences.

Au début de cette séance solennelle, que nos pensées, toutes nos pensées, aillent donc à nos soldats, à nos marins, à leurs chefs : ensemble, ils ont dépassé les limites de l'héroïsme et nos plus magnifiques espoirs. Après l'interminable stagnation dans la boue sanglante des tranchées, après les saisons torrides, pluvieuses ou glacées stoïquement supportées dans les trous d'obus, après quatre années meurtrières où la monotonie de leur sacrifice ajoutait encore à sa grandeur, voici qu'ils recueillent d'un seul coup, en un prodigieux automne, tous les fruits de leur indomptable ténacité.

En des étapes que rien n'ose plus arrêter, ils foulent d'un pas allègre la terre reconquise des aïeux. O cités nostalgiques, Metz et Strasbourg, vous ouvrez enfin les bras à vos libérateurs ! Les échos de l'an II se réveillent dans les plaines de la Moselle et du Rhin, et, comme il y a cent vingt ans,

des capitales lointaines voient défiler dans leurs rues les soldats victorieux de la République, messagers du droit des peuples.

En même temps qu'à nos armées notre reconnaissance s'adresse aux armées alliées, si vaillantes et si fidèles; à tous nos alliés, aux plus puissants comme aux plus faibles, à ceux d'Europe comme à ceux qui sont venus d'au delà des océans. A toutes ces nations qui ont voulu défendre la cause de la justice humaine, nous rendons l'hommage dont elles sont dignes, en saluant celle qui s'est sacrifiée volontairement pour notre idéal commun et que ce sacrifice égale aux plus grandes, en saluant la Belgique martyre, enfin délivrée, et son roi chevaleresque.

Messieurs, comment ne pas éprouver un sentiment de fierté légitime en songeant que c'est un chef français qui, dans la plus grande des guerres, a conduit à la victoire les généreuses armées de la civilisation? A l'heure du suprême péril, quand la balance du Destin semblait hésiter, un grand homme de guerre s'est trouvé, surgi de notre race, auquel se sont confiées les nations alliées. Grâce au génie du maréchal Foch, la stratégie française, rationnelle et bien coordonnée, prudente tant qu'il le faut, foudroyante dès que l'heure de l'attaque a sonné, a vaincu l'orgueilleuse et brutale stratégie allemande.

Il y a quelque trente ans, Renan, dans un de ses discours à l'Académie, rêvant du général qui nous rendrait la France intacte, imaginait par avance la séance où l'on accueillerait et fêterait le grand victorieux.

Le rêve est devenu une réalité. Le maréchal Foch est membre aujourd'hui de l'Académie française et de l'Académie des Sciences; il entre parmi nous, accompagné d'une escorte invisible de souvenirs qui sont : les marais de Saint-Gond, l'Yser, la Somme, le Piave, puis tout un bloc de batailles qui n'ont point de nom, parce qu'elles s'enchaînent, durant des semaines, de la mer du Nord aux Vosges. L'Institut de France a voulu participer à l'hommage national qui unit au nom du chef actuel du Gouvernement, M. Georges Clemenceau, le nom du chef militaire dont son énergie a fait, au cœur de la bataille, le généralissime des armées alliées.

Pour trouver un précédent à la mémorable séance du 11 novembre dernier, il faut remonter à celle où notre Académie accueillait, il y a plus d'un siècle, le vainqueur d'Arcole et de Rivoli. Par une heureuse coïncidence, qui frappera dans l'avenir les esprits curieux de rapprochements imprévus, la minute même où notre Compagnie élisait à l'unanimité le maréchal Foch s'est trouvée celle où tous les gouvernements alliés annonçaient à leurs parlements respectifs l'armistice qui constituait pour l'ennemi l'aveu de son écra-

sante défaite. Pourtant, la date de l'élection avait été fixée depuis quinze jours, et le choix de l'Académie était (il n'est point inutile de le rappeler) décidé depuis plusieurs mois.

***

Mais, plus encore qu'aux vivants, notre reconnaissance doit aller aux morts, à ces milliers, à ces centaines de milliers de héros, grisonnants ou imberbes, qui se sont sacrifiés pour que la France fût libre et glorieuse, et que le monde échappât à la plus dégradante des tyrannies.

Pendant les deux premières années de la guerre, les générations françaises ont formé l'armée de couverture de la civilisation. Et pendant les années finales, elles ont donné leur sang plus encore qu'aucune des nations qui combattaient à leurs côtés. Ah! Messieurs, l'effroyable holocauste qu'a exigé, avant d'être anéanti, le Moloch monstrueux dressé par l'ambition pangermaniste! Si stoïques que nous voulions être, notre cœur se serre quand nous songeons à nos laboratoires déserts, à nos chaires où des voix éloquentes et graves ne se feront plus entendre, à tant de cerveaux jeunes et puissants dont un éclat de fer stupide a interrompu pour jamais la pensée féconde. Nos grandes Écoles, pépinières de nos ingénieurs et de nos savants, — École polytechnique, École centrale, École normale supérieure, pour ne citer que celles-là, — quels vides présenteront leurs auditoires quand ils se réuniront pour la première fois! Et si, dans cette enceinte, je jette les yeux autour de moi, combien parmi vous, mes chers confrères, que la pudeur de vos deuils m'interdit de désigner et qui ont donné à la Patrie le meilleur d'eux-mêmes, un fils, un fils hélas! ou plusieurs. Pourtant, si cruellement que vous ressentiez la douleur de ces pertes irréparables, à aucun moment, fût-ce aux heures les plus angoissantes de cette guerre, vous n'avez connu la lassitude et le découragement. Toujours, au-dessus des souffrances individuelles et des épreuves innombrables, vous avez eu devant les yeux l'image de la France, pâle de son sang versé par mille blessures, mais éternelle et auréolée de l'admiration de l'Univers. Vous pouvez relire avec fierté les discours prononcés chaque année par vos présidents : ils respirent l'énergie, la certitude de vaincre, l'inflexible volonté de tout supporter jusqu'au triomphe final. C'est que vous compreniez, c'est que vous pouviez et deviez comprendre plus profondément encore que la plupart des hommes, le caractère tragique et comme inexpiable du conflit, et qu'il s'agissait d'un duel désespéré, d'un

duel à la vie, à la mort, sans transaction possible, entre deux conceptions de la civilisation : il s'agissait de savoir si la science serait pour l'homme un moyen de libération et d'ennoblissement ou l'instrument de son esclavage.

Messieurs, le savant digne de ce nom doit se donner tout entier à la conquête de ces vérités sur lesquelles n'ont de prise ni le temps, ni la mort, ni les passions humaines. Il n'est pas de plus noble tâche. Il semble qu'elle soit soustraite aux conflits même les plus aigus des nations : car il n'y a point une géométrie française et une géométrie allemande ; il y a une géométrie. Mais, ainsi que le même fer peut servir à moissonner ou à tuer, l'inflexible raison humaine peut être employée aux fins les plus généreuses ou aux plus abominables forfaits. La culture scientifique, âprement poursuivie dans un but d'utilisation immédiate, de lucre sordide ou de domination oppressive, dégrade l'âme au lieu de l'élever au-dessus d'elle-même. Elle aboutit à une sorte de barbarie savante, de cruauté organisée qui prend pour ses adeptes l'aspect d'une religion sauvage, dont tous les crimes sont sacrés et devant qui les infidèles doivent plier les genoux.

La science n'est moralisatrice qu'à condition de garder aux yeux de l'élite qui la cultive son caractère essentiel qui est la recherche désintéressée de la vérité. Elle prend place alors dans une sorte d'esthétique supérieure, où ses principes voisinent avec les principes non moins inflexibles de justice et de droit : esthétique qui dirige et inspire cette forme harmonieuse de l'éducation, où l'amour des idées générales n'est pas étouffé par les spécialisations hâtives et que nos pères qualifiaient du nom d'*humanités*. C'est cette science, toute imprégnée de l'esprit de solidarité, qui, avant la guerre, avait formé l'esprit de nos jeunes savants, de nos étudiants, de nos chercheurs. Elle leur apparaissait comme l'effort commun de tous les peuples pour accroître l'emprise de l'homme sur la matière, pour multiplier ses moyens de résistance contre les forces mauvaises de la nature. Aimant passionnément leur patrie, — ils l'ont montré, ces savants devenus soldats, ces lieutenants, ces capitaines de vingt-trois ans, dont les corps jalonnent aujourd'hui la terre sacrée qu'ils ont interdite à l'envahisseur —, aimant passionnément leur patrie, ils ne pouvaient la considérer comme l'ennemie du genre humain. Pendant ce temps, de l'autre côté du Rhin, la Science, c'était une gigantesque entreprise où tout un peuple, avec une patiente servilité, s'acharnait à fabriquer la plus formidable machine à tuer qui ait jamais existé. La France, vieille nation guerrière au passé chargé de gloire militaire, faisait au monde ce sacrifice, malgré ses blessures ouvertes, de ne point réclamer par la violence la réparation du droit outragé : l'Allemand

a pris pour de la faiblesse ce qui n'était qu'un souci généreux d'humanité. Combien il se trompait, les batailles de la Marne et de l'Yser le lui ont appris. L'héroïsme français a brisé la ruée sauvage qui devait tout abattre en quelques semaines. Et tandis que, durant de longs mois, il contenait, par une sorte de tension surnaturelle, le flot désormais endigué de l'invasion, toutes les forces idéales diffuses à travers le monde, — ces forces que raillaient lourdement nos ennemis et auxquelles la France a fait foi pendant toute son histoire, — mobilisaient avec lenteur mais implacablement des continents entiers contre l'agresseur.

Il y a quatre ans, à pareille époque, les Etats-Unis dans leur ensemble ne paraissaient point entendre les cris de l'humanité outragée. Seules les protestations isolées s'élevaient contre les abominables doctrines allemandes appuyées de la violation de la Belgique et du sac de Louvain. C'est ainsi que le président Butler, de l'Université Columbia, s'écriait : « Que faut-il donc penser ? La science, la philosophie, la religion ne sont-elles donc que mots vides de sens, faux semblants hypocrites ?... Ont-ils perdu toute leur peine, les hommes de pensée et les hommes d'action qui ont consacré un si long effort à substituer dans le monde le règne de la justice au règne de la force brutale ?... Il faut répondre : Non, mille fois non ! »

Et, citant cette protestation, notre confrère M. Appell, qui nous présidait alors, concluait, en décembre 1914, avec la belle fermeté de son âme alsacienne : « *La conscience américaine a formulé ainsi la réponse universelle qui est, pour notre idéal, le gage certain du triomphe.* »

Cette magnifique confiance dans la force de l'idée n'a point été déçue par la réalité. Les quelques protestations isolées sont devenues la voix immense d'un peuple de plus de cent millions d'hommes. La conscience américaine, traduite en actes par le président Wilson, a jeté sur le front franco-britannique, au service de l'idéal commun des Alliés, une armée de deux millions de soldats.

Voici donc terminé le drame terrible et grandiose qui, pendant près de 53 mois, a ensanglanté l'Europe. Quel sera l'ordre nouveau enfanté ainsi dans le meurtre et la souffrance ? Comment s'établira, sous quelle garantie, cette société des nations qui voudrait protéger l'humanité contre le retour d'un pareil cataclysme ? Quelle que soit la réponse de l'avenir, on conçoit, en songeant aux millions de cadavres qui jonchent de l'Oural jusqu'à la Somme et la Marne le sol de la vieille Europe, qu'une considération doit dominer toutes les autres : c'est que ceux qui ont fait cela soient mis hors d'état de recommencer. Pour qu'il en soit ainsi, pour que suivant

l'expression du président Wilson les démocraties soient désormais en sûreté, il ne suffit pas que le militarisme prussien soit abattu et momentanément réduit à l'impuissance : il faut que la mentalité allemande soit transformée. Tant que l'Allemagne n'aura pas renoncé au fond d'elle-même à son idéal sanglant d'oppression, de rapines et de violences; tant qu'elle n'aura pas pris conscience et horreur de ses crimes, il n'y aura pas de réconciliation possible, fût-ce pour une collaboration scientifique, entre elle et l'humanité. Par leurs résolutions communes du 11 octobre dernier, arrêtées à Londres et complétées à Paris au cours de cette dernière semaine, voilà ce que les Académies scientifiques des peuples qui ont combattu pour la bonne cause ont entendu signifier aux savants d'outre-Rhin.

Messieurs,

Nous devons plaindre ceux qui sont morts avant le mois de novembre 1918. Car, ayant connu toutes les angoisses et les horreurs de la guerre, ils n'auront point eu la joie de connaître l'éclatante victoire. Nous avons perdu dans ces conditions deux de nos confrères MM. Wolf et Marcel Deprez et quatre correspondants : MM. Renaut, Yung, lord Thomas Brassey et M. Blaserna. En outre, l'Académie n'a appris que récemment la mort de deux de ses correspondants :

Le général Zaboudski, assassiné à Pétrograd en mars 1917;

M. Francotte, décédé en Belgique le 21 avril 1916.

M. **Ch. Wolf** faisait partie de notre Académie depuis 35 ans. Élu le 16 avril 1883 membre de la section d'Astronomie, il s'est intéressé à nos travaux jusqu'à ses derniers jours. Il était né à Vorges, près de Laon, en 1827, et appartenait à une vieille famille alsacienne. Après avoir enseigné la physique aux lycées de Nîmes et de Metz et à la Faculté de Montpellier, il fut appelé à l'Observatoire de Paris en 1862 par Le Verrier qu'avaient frappé la solidité de son esprit et sa force de travail. A partir de ce moment, il se consacra aux observations astronomiques. Une connaissance parfaite des instruments, au double point de vue mécanique et optique, lui permit d'entreprendre des recherches délicates, en créant ou perfectionnant constamment les appareils qu'elles exigeaient. C'est ainsi qu'une découverte à laquelle son nom reste attaché, — celle d'étoiles d'un type nouveau, caractérisées par un spectre à raies brillantes et qui sont d'anciennes Novæ, — ne fut possible que grâce à un spectroscope spécialement

adapté et imaginé par lui. Nous lui devons des Mémoires sur les effets des aberrations où il étudie notamment le phénomène si gênant de la goutte noire, et indique le moyen de l'éviter. Divers établissements étrangers utilisent son appareil spécial d'exercice pour former les observateurs. Son système de synchronisation d'un nombre quelconque d'horloges est utilisé pour toute la Ville de Paris.

Nombreux sont ses autres travaux qu'il faudrait citer sur l'analyse des amas d'étoiles, sur le spectre des comètes, sur les cartes écliptiques, sur la photométrie, etc.

L'étude des hypothèses cosmogoniques devait intéresser particulièrement un cerveau érudit comme le sien. L'ouvrage qu'il a consacré à ce grand sujet demeure classique et présente un haut intérêt, tant par son exposé historique que par ses aperçus originaux.

A la Faculté des Sciences comme à l'Observatoire de Paris, il aimait accueillir les jeunes savants. Il s'intéressait à leurs recherches et était pour eux un conseiller sûr. Profondément respecté et estimé, entouré d'une famille qui le vénérait, il vieillit en fervent de la Science. Ses dernières années furent consacrées à des études historiques sur les anciennes unités de mesure et sur l'Observatoire de Paris.

Chaque été voyait ses enfants et petits-enfants réunis autour de lui dans la maison paternelle de Vorges. Il pouvait espérer s'y éteindre. L'invasion ne l'a pas permis. Chassé de l'Aisne en 1914 par l'ennemi, il est mort à Saint-Servan au mois de juillet de cette année.

Cette longue existence, entièrement consacrée au devoir, restera un irréprochable exemple de labeur désintéressé et de conscience professionnelle.

M. **Marcel Deprez**, né en 1843, avait été élu en 1886 membre de la section de Mécanique ; il a succombé le 16 octobre 1918 après une longue maladie.

Esprit ingénieux et fécond, Marcel Deprez est l'auteur d'un grand nombre de travaux importants, où son sens mécanique et pratique, son intuition des phénomènes physiques, se sont déployés dans des directions très variées. Qu'il étudie les efforts, à la fois énormes et extrêmement courts qui se produisent dans un canon pendant le tir, qu'il évalue avec précision les durées si brèves du recul de la bouche à feu et de son affût, qu'il étudie les pressions dans les cylindres des machines à vapeur, ou qu'il réalise des appareils indispensables à l'industrie électrique tels que le galvanomètre apériodique Deprez-d'Arsonval et l'ampèremètre Deprez-Carpen-

tier, qu'il imagine le double enroulement dans les machines électriques, partout il fait preuve de qualités d'ingéniosité et de précision qui auraient suffi à le classer parmi les ingénieurs et inventeurs les plus distingués. Mais la découverte de la transmission à distance de l'énergie électrique, ou plutôt la démonstration de la possibilité pratique de cette transmission, fait de lui l'un des plus hardis pionniers de la civilisation moderne.

Ses recherches persévérantes aboutirent en 1886 à l'expérience de Creil, dans laquelle une puissance de près d'une centaine de chevaux-vapeur engendrée à Creil fut transmise à Paris. Les conséquences de cette expérience, qu'il a lui-même reprise et perfectionnée, sont loin d'être épuisées : nous assistons seulement au début des transformations profondes qui en résultent pour les industries mécaniques et pour les transports, transformations dont les répercussions économiques et sociales sont incalculables.

Chargé de l'enseignement de l'Électricité industrielle au Conservatoire national des Arts et Métiers, Marcel Deprez, depuis près de trente ans, se consacrait surtout aux devoirs que lui créait cette chaire. Néanmoins, il a poursuivi jusqu'à ses dernières années des recherches ingénieuses : c'est ainsi qu'il s'était attaché à perfectionner la construction des chaudières de machines à vapeur, mais ses recherches furent interrompues par la maladie qui a fini par l'emporter à l'âge de 75 ans.

M. **Joseph-Louis Renaut**, correspondant pour la section d'Anatomie et Zoologie, s'est distingué par l'habileté technique et la rigueur scientifique de ses travaux. Professeur d'Anatomie générale et d'histologie à la Faculté de Médecine de Lyon, il a apporté d'importantes contributions à nos connaissances des épithéliums, du tissu conjonctif. Il avait su grouper autour de lui, à Lyon, une phalange de travailleurs dont il dirigeait les recherches. Son traité d'histologie est classique et a le grand mérite de contenir un grand nombre d'observations inédites et de ne pas être une simple compilation.

Joseph-Louis Renaut est mort à Lyon en décembre 1917.

M. **Émile Yung** appartenait également, comme correspondant, à la section d'Anatomie et Zoologie. Professeur à l'Université de Genève et grand ami de notre pays, il mit, pendant ces quatre années, tout son cœur au service de notre cause. Son œuvre est multiple. Elle porte sur le développement embryogénique d'animaux divers, qu'il essaya d'influencer par les

rayons lumineux des diverses longueurs d'onde; elle comprend une série de remarquables monographies, et des études approfondies du plancton du lac de Genève.

Émile Yung est mort brusquement d'une crise cardiaque; il avait rendu les plus grand services à nos prisonniers internés en Suisse.

Lord **Thomas Brassey**, correspondant de notre section de Géographie et Navigation, a parcouru les océans du Canada à la Nouvelle-Zélande sur son yacht *Le Sunfram*, que ses croisières ont rendu populaire. Plein d'ardeur, à la fois pour la Science et pour la grandeur de son pays, il aimait parcourir particulièrement les régions dans lesquelles s'exerce l'influence de la Grande-Bretagne. Mais son patriotisme n'était point exclusif et à plusieurs reprises, bien avant la guerre, il s'était affirmé comme un fervent ami de la France.

M. **Blaserna** avait été élu, en 1910, correspondant de l'Académie dans la section de Physique générale. Il est né en 1836 à Fumiciello, près de Gorizia, dans une région alors autrichienne, conquise une première fois de haute lutte par les armées italiennes en 1916 et rattachée définitivement à la patrie italienne après la grande victoire qui a effacé le souvenir de revers passagers : il avait fait ses études à Vienne, puis à Paris, dans le laboratoire de Regnault et choisi ensuite la nationalité italienne. Son influence sur la physique en Italie s'exerça par ses travaux très variés, notamment sur les courants induits, la compressibilité des gaz, la couronne solaire, mais surtout par son enseignement qu'un de ses plus brillants élèves qualifie de clair, précis et subtil, et par son esprit d'organisation auquel on doit la création du grand Institut de physique de l'Université de Rome.

Jusqu'en 1914, il fut un des types les plus représentatifs du grand savant international, comptant d'illustres amis dans tous les pays d'Europe. Il joua un rôle important comme secrétaire du Comité international des Poids et Mesures. Sa situation de président de l'Académie des Lincei lui avait valu d'être désigné pour présider le Congrès international des Mathématiciens de 1908. Son discours inaugural débutait ainsi : « Ceux qui cultivent la Science savent que deux hommes cultivant une même science, même éloignés et appartenant à des nations différentes, sont plus voisins l'un de l'autre que deux hommes cultivant des sciences différentes et vivant dans une même ville. »

Ces paroles traduisaient une tendance qui fut la sienne jusqu'en 1914.

Mais sa grande situation politique en Italie lui permettait moins qu'à tout autre de rester neutre lorsque, par la volonté de l'Allemagne et de l'Autriche, la guerre fut déchaînée. Il n'hésita pas. Dès 1914, il rompit les liens d'amitié qui l'unissaient au prince de Bulow et devint l'un des chefs du parti qui devait décider de l'entrée de l'Italie dans la Guerre du Droit. Il n'a pas vécu assez, hélas, pour assister au triomphe de la juste cause; ses derniers jours furent assombris et sa fin fut hâtée par l'impression profonde qu'avaient faite sur son cœur de patriote les douloureux événements de la fin de l'année dernière. Sa joie eût été immense de voir sa terre natale enfin réunie à la patrie italienne.

Le général **Zaboudzki** avait été élu le 12 juin 1911 correspondant de l'Académie dans la section de Mécanique. Nous avons appris seulement cette année sa mort tragique : il périt assassiné, au commencement de mars 1917, sur le pont Litiénich à Pétrograd. Ses travaux d'artillerie et de balistique avaient attiré l'attention des spécialistes. Il avait notamment recherché les lois générales que l'on peut établir pour le mouvement des projectiles dans l'air, sans préciser la loi de résistance en fonction de la vitesse.

Dans les années qui ont précédé la guerre, il avait apporté la contribution la plus efficace aux progrès de l'artillerie russe. Mais si sa carrière militaire fut brillante, son existence avait été attristée par les deuils les plus cruels.

Nous saluons respectueusement le souvenir de ce soldat qui fut un savant, un bon serviteur de son pays et un ami de la France.

M. **Francotte**, correspondant pour la section d'Anatomie et Zoologie, est mort à Saint-Just-ten-Noode, en Belgique occupée, le 21 avril 1916.

Cette nouvelle n'est parvenue en France qu'au bout de deux ans.

Professeur à l'Université de Bruxelles, membre de l'Académie royale de Belgique, M. Francotte est l'auteur de recherches histologiques extrêmement fines, notamment sur certaines dépendances du cerveau qui se rattachent à l'œil impair (œil pariétal) existant encore chez les lézards. Ses études sur l'organisation de certaines classes de vers plats, sur la maturition des œufs sont également remarquables. Il a publié un grand Traité d'Histologie auquel il a consacré trente ans de sa vie.

Cette belle existence de labeur s'est malheureusement achevée sous

l'occupation allemande, dans des conditions qui nous sont encore complètement inconnues.

Au nom de l'Académie, j'exprime les regrets que nous fait éprouver la disparition de ces hommes éminents, de ces infatigables travailleurs, qui ont contribué si efficacement, de toute leur intelligence et toute leur ardeur, à de précieuses découvertes. Mais la science éternelle, par delà les tombeaux, continue sa marche en avant. Avant d'élire le Maréchal Foch, l'Académie avait, en 1918, appelé dans son sein deux membres titulaires, MM. Kœnigs et Favé; un membre non résidant, M. Flahaut; treize correspondants : MM. W.-W. Campbell, Roald Amundsen, Tilho, George Lecointe. sir Philip Watts, Georges Friedel, Charles-D. Walcott, Georges Neumann, Trabut, A. Brachet, Cuénot, Vayssière, Auguste Lameere.

Les nouveaux élus — leur nom nous en est un sûr garant — sauront tenir d'une main ferme le flambeau qu'ils ont reçu de la main défaillante de leurs prédécesseurs.

Messieurs,

Au cours de l'année 1918, l'Académie a réalisé une innovation de haute importance : elle a créé une division des *Applications de la Science à l'Industrie*, division qui devra se composer de 6 membres.

Pendant la guerre, l'union de la Science et de l'Industrie a produit des résultats remarquables et parfois éclatants : c'est pour sceller cette union dans l'avenir que l'Académie a voulu former cette section nouvelle.

La Science française a collaboré à la Défense nationale, non seulement par ses recherches, études et inventions directes, mais aussi par l'esprit dont elle a animé nos ingénieurs et nos industriels. Notre enseignement scientifique, trop enclin peut-être aux théories générales, est depuis longtemps l'objet de critiques, justes parfois dans leur esprit, mais excessives et passionnées. Ses hautes vertus, l'outrecuidance des méthodes germaniques finissait par nous les faire oublier : la guerre nous les a rappelées. Notre « culture » à nous, nous l'indiquions plus haut, n'est pas une culture sèchement utilitaire et *sans âme;* si quelquefois elle n'est pas assez soucieuse des applications immédiates, elle respecte, elle développe et stimule l'individualité, les facultés originales et inventives des intelligences. Ce sont ces qualités qui industriellement ont sauvé la France; c'est parce qu'ils étaient doués d'imagination, de connaissances générales et de facultés

créatrices que nos ingénieurs et nos savants ont pu faire face à une situation désespérée.

Qu'on se reporte par la pensée à la fin de l'année 1914. Que voyons-nous? D'un côté, l'Allemagne, immense fabrique de produits métallurgiques et chimiques, l'Allemagne dont les stocks préventivement accumulés, commencent à peine à s'épuiser, dont les usines, par leur nature même, ont pu se transformer, comme sur un coup de baguette magique, en usines de guerre fonctionnant à plein; l'Allemagne qui, grâce à son exubérante natalité, a pu laisser, là où il fallait, ses savants, ses ingénieurs, ses ouvriers. — De l'autre côté, la France envahie, meurtrie, menacée dans sa capitale, privée des neuf dixièmes de ses aciéries et d'une partie de ses quelques fabriques chimiques, désorganisée à l'intérieur par la mobilisation qui a vidé, dès les premiers jours, ses ateliers, ses arsenaux, ses laboratoires. Et pourtant sur les champs de bataille industriels comme sur les champs de bataille militaires, la France, — passez-moi une expression vulgaire mais expressive et chère à nos soldats, — la France *a tenu le coup*. Elle a décuplé sa production métallurgique, improvisé une colossale industrie chimique; une merveilleuse floraison d'usines a jailli de son sol. Chaque mois, c'est par millions qu'il a fallu compter les projectiles d'artillerie qu'elle a livrés à ses armées et aux armées alliées; par milliers et milliers les tonnes d'explosifs et de produits asphyxiants; par centaines et centaines les canons; par milliers les moteurs d'avions, par centaines les tanks. Incroyables prodiges, — incroyables par leur ampleur et leur rapidité —, qu'aucun technicien n'aurait jugé possibles et qu'aucun pays au monde n'a égalés.

Messieurs, la contribution directe des recherches scientifiques et des inventions proprement dites à la Défense nationale n'est pas moins digne d'admiration. Tous les problèmes que posent la guerre sur terre, sur mer ou dans les airs, la guerre de mines, la guerre sous-marine, tous les moyens d'attaque et de défense dans la guerre de tranchées, etc., ont été étudiés, fouillés, approfondis par une multitude de chercheurs, savants, ingénieurs, artisans, ouvriers. Applications et perfectionnements de la T. S. F.; communications à distance par le sol; repérage par le son des batteries ou des sapes ennemies; repérage des avions par le son la nuit; repérage des sous-marins, repérage ou guidage par les ondes hertziennes des dirigeables ou des avions; repérage des positions ennemies par photographies aériennes; explosifs nouveaux; projectiles fumigènes; gaz toxiques (moyens d'attaque ou de protection); moteurs d'avions; mortiers

de tranchées; canons d'infanterie; canons d'avions; enfin tanks, autant de sujets (et combien j'en oublie!) qui ont sollicité les intelligences les plus diverses et mis à contribution toutes les sciences : chimie, mécanique, thermodynamique, optique, acoustique, électricité, météorologie, jusqu'à l'étude de phénomènes nouveaux dont l'intérêt apparaîtra dans l'avenir. Les mathématiques les plus abstraites ou les plus subtiles ont participé à la solution des problèmes de repérage et au calcul des tables de tir toutes nouvelles qui ont accru de 25 pour 100 l'efficacité de l'artillerie.

Tous les établissements de science pure, jusqu'aux observatoires, ont mis au service de la guerre leur outillage, leurs ressources, les cerveaux de leurs chercheurs. Des instruments délicats, qui semblaient voués à de minutieuses mesures en chambre close, ont contribué sur la ligne de feu à détruire des batteries ennemies. Ainsi, malgré toutes les difficultés, la liaison a été établie entre le laboratoire et le champ de bataille; et par laboratoire je n'entends pas seulement le laboratoire classique du chimiste ou du physicien, mais tout endroit où un homme peut réfléchir, inventer et expérimenter, que ce soit le cabinet du savant, l'atelier de l'usine ou l'établi de l'ouvrier. Cette *mobilisation de la Science* au service de la Défense nationale, tentée fragmentairement dès le début de la guerre par des initiatives éparses et à laquelle vous avez apporté tout votre concours, a été réalisée systématiquement par la Direction des Inventions, créée en octobre 1915. Cette initiative française a provoqué peu de temps après, chez nos alliés, des créations analogues. Des relations permanentes et effectives établies entre ces divers organes ont réalisé, depuis près de trois ans, une véritable liaison interalliée des inventions de guerre.

En janvier 1917, notre président M. d'Arsonval, parlant du génie inventif reconnu par tous à notre race, évoquait l'effort tenté pour « l'organiser en faveur de la victoire », et il me faisait le trop grand honneur d'attacher mon nom à cet effort. S'il est vrai que depuis le début de la guerre jusqu'à la fin de 1916, je me suis donné tout entier à la grande œuvre de la mobilisation scientifique, je n'en ai été pourtant qu'un des nombreux ouvriers. Le mérite remonte à cette légion de chercheurs qui, durant ces quatre années de guerre, silencieusement, ont trouvé, réalisé, créé; à vous tout d'abord, mes chers Confrères, qui par vos propres recherches, comme par vos conseils et par les encouragements que vous avez prodigués, avez collaboré à la solution de ces problèmes que j'énumérais tout à l'heure; à vos élèves, dont beaucoup sont des maîtres et qui peuplent aujourd'hui nos armes et services techniques, nos

universités, nos usines. Le temps approche où l'on pourra, sinon tout dire, du moins soulever le voile du secret qui enveloppe les découvertes intéressant la Défense nationale. Le pays connaîtra alors la part que la Science a prise à son salut.

Ainsi, Messieurs, la guerre a rendu plus étroite et féconde l'union de l'Industrie et de la Science; elle a mobilisé la Science au service de la Patrie; elle a créé entre les Alliés un service commun des Inventions. Ce sont là de grandes leçons qui ne doivent pas être perdues, de grands résultats qui doivent survivre à la période des batailles. C'est pourquoi, dans vos résolutions de Londres complétées à Paris, vous demandez que, dans chacun des pays en guerre avec l'Allemagne, soit créé un Conseil national, dont l'objet soit l'avancement des recherches scientifiques et industrielles, et qu'un Conseil international soit constitué par la fédération de ces Conseils nationaux.

D'autre part, nous n'en sommes plus au temps où il suffisait de gratter les murs d'une cave pour bouleverser l'industrie des explosifs; les recherches scientifiques et industrielles pouvaient se contenter autrefois de moyens d'action rudimentaires; il leur faut aujourd'hui de grands établissements puissamment outillés. Vous réclamez des laboratoires nationaux de sciences expérimentales.

Messieurs, quelque difficulté que rencontre la réalisation de vos vœux, si délicate que puisse être la conciliation des tendances diverses qui devront être représentées dans les Conseils nationaux que vous préconisez, il importe d'aboutir. La tâche d'après-guerre qui s'impose à l'activité de chacun des peuples alliés est immense : pour que la France, qui a sacrifié à la victoire des générations entières, le meilleur de sa race, ne risque pas de succomber sous sa gloire, il faut intensifier, stimuler, exalter par tous les moyens ses facultés de production. Il faut que tout ce qui existe dans le pays : cerveaux, muscles et outils, collabore avec le meilleur rendement à l'effort national. S'il en doit être ainsi, — et il en sera ainsi — l'avenir dira qu'après la paix comme pendant la guerre, la Science française a bien mérité de la Patrie.

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel pour la lecture du palmarès.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1918.

RAPPORTS.

MATHÉMATIQUES.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT.

GRAND PRIX DES SCIENCES MATHÉMATIQUES.

(Commissaires : MM. Jordan, Appell, Painlevé, Hadamard, Boussinesq, Lecornu; Émile Picard et Humbert, rapporteurs.)

L'Académie avait mis au concours l'étude de l'*itération* d'une substitution, en rappelant que le point de vue *local* avait seul été considéré jusqu'alors et en invitant les concurrents à se placer au point de vue *général*.

Les travaux antérieurs, notamment les travaux fondamentaux de M. Kœnigs, avaient, pour une substitution S, $z_1 = \varphi(z)$, à une variable, conduit à la notion des *points d'attraction :* si ζ est un point laissé fixe par S ou par une de ses puissances (*point invariant*), et si une quantité correspondante, dite *multiplicateur*, est de module *inférieur* à l'unité, les transformés successifs (*conséquents*) d'un point z, pris au voisinage de ζ, tendent tous vers ζ, ou tendent périodiquement vers p points, dont l'un est ζ, et dont les autres sont ses $(p-1)$ premiers conséquents.

Ces résultats initiaux soulevaient bien des problèmes : les points attractifs sont-ils en nombre limité; quel est le domaine exact d'attraction de l'un

d'eux ; quelle division du plan est ainsi associée à une fonction $\varphi(z)$ donnée?

Sur ces questions fondamentales, on ne possédait qu'une Note de M. Fatou (octobre 1906), où l'auteur montrait, sur des exemples, que les régions de la division pouvaient être limitées par des courbes non analytiques, mettant ainsi en évidence les difficultés et la complexité de la question.

Enfin, à un autre point de vue, Poincaré avait établi que, dans certains cas, on peut associer à S une fonction méromorphe dans tout le plan, $\theta(u)$, telle que, si l'on pose $z = \theta(u)$, on ait $z_1 = \theta(su)$, s étant une constante de module *supérieur* à 1, ce qui ramène l'étude de l'itération à celle de $\theta(u)$; mais aucune application n'avait été faite de cette méthode d'*itération paramétrique*.

Pour le Concours, trois Mémoires ont été déposés au Secrétariat; la Commission n'a retenu que celui de M. **Lattès**, professeur à l'Université de Toulouse, et celui de M. **Julia**, lieutenant au 34e régiment d'Infanterie, lauréat du prix Bordin en 1917.

Le travail de M. Lattès est une application des idées de Poincaré et se rattache également à une théorie de M. E. Picard.

M. Lattès établit l'existence de la fonction de Poincaré, pour une substitution *rationnelle* à une variable, dans un cas très étendu, mais sans en tirer aucune conséquence générale pour l'itération; abandonnant alors ce point de vue, il examine les cas particuliers où la fonction de Poincaré étant $\cos u$, $\operatorname{tang} u$ ou pu, l'équation $z_1 = \varphi(z)$ est celle de la *multiplication* de l'une de ces fonctions par un entier, et, chaque fois, il détermine et étudie, par une méthode assez ingénieuse, *l'ensemble* des conséquents d'un point, ainsi que l'ensemble dérivé.

Il aborde ensuite le cas d'une substitution rationnelle entre deux *couples* de variables et montre que, si en un point invariant *l'équation* quadratique *aux multiplicateurs* a ses racines distinctes et de module supérieur à 1, on peut réaliser l'itération paramétrique à l'aide de deux fonctions *méromorphes* de deux variables.

Appliquant ces résultats à une substitution Cremona, il fait voir, du moins dans certains cas, que les conséquents de tout point du plan ont pour limite un point fixe, et que ses antécédents tendent de même vers un autre point.

La partie du Mémoire qui concerne les fonctions de deux variables est, sans nul doute, la plus intéressante et la plus nouvelle; elle contient, notamment sur les substitutions Cremona, des résultats élégants, qui, bien que fragmentaires, ouvrent un champ de recherches qui pourra être fécond;

l'auteur y a fait preuve d'un esprit habile et sagace et il aurait probablement poussé plus loin ses découvertes si, cette année même, la mort ne l'avait enlevé, jeune encore et en pleine possession de son talent.

Le Mémoire de M. Julia n'étudie que les substitutions rationnelles à une variable; il introduit systématiquement, non plus les points invariants attractifs, mais les points invariants où le module du multiplicateur est *supérieur* à l'unité; leur propriété fondamentale est d'être des *points de répulsion*. D'une manière plus précise, si l'on entoure l'un d'eux d'un domaine arbitrairement petit, les conséquents successifs de ce domaine *finissent* par comprendre à leur intérieur tous les points du plan, sauf un ou deux, au plus.

L'analogie de cet énoncé avec celui d'un théorème de M. E. Picard n'a rien de mystérieux : la démonstration de M. Julia repose ici, comme souvent dans le reste du Mémoire, sur la belle théorie des *suites normales* de M. Montel, théorie dont on sait le lien étroit avec le théorème de M. Picard.

C'est l'ensemble parfait E', dérivé de l'ensemble E des points de répulsion, qui joue, dans l'itération, le rôle fondamental : M. Julia étudie ses propriétés, observe qu'il peut être discontinu ou continu linéaire, et que, s'il est superficiel dans une de ses parties, il comprend nécessairement tout le plan.

Le cas le plus intéressant est celui où E' est linéaire : l'ensemble E' partage alors le plan en régions D, qui jouissent de cette propriété caractéristique que, si le point z reste dans l'une d'elles, tout point limite pour l'*ensemble* de ses conséquents dépend *analytiquement* de z. De cette proposition et d'une réciproque l'auteur déduit le résultat capital que les points de E' sont LES *points singuliers essentiels* pour les fonctions limites de la suite $\varphi(z)$, $\varphi[\varphi(z)]$, ..., et que, si l'on connaît l'*allure* de cette suite quand z reste dans un domaine arbitrairement petit intérieur à D, on connaît, par là-même, son allure dans tout D.

La dernière proposition sert de lien entre l'étude locale de l'itération et l'étude générale : un point *attractif*, z_0, appartient à une région D_0, et les conséquents de tout point de D ont z_0 pour limite; D_0 est le domaine de convergence *immédiat* du point attractif.

Une autre conséquence fondamentale est celle-ci, que M. Julia établit par deux méthodes distinctes : *tout domaine immédiat contient au moins un point critique de la fonction algébrique inverse de* $\varphi(z)$, et, comme corollaire, *le nombre des points d'attraction est fini*. C'est la réponse, inattendue peut-être, à une question posée par M. Kœnigs.

M. Julia détermine également le domaine *total* de convergence vers un point attractif, et trouve la condition nécessaire et suffisante pour qu'il se réduise au domaine immédiat; il illustre enfin sa théorie par des exemples habilement choisis : dans la plupart, l'ensemble E′ est une *courbe de Jordan* simple; dans un autre, c'est un continu linéaire fermé, avec des points doubles partout denses sur lui-même, circonstance singulière que l'auteur éclaire en formant géométriquement, *a priori*, un ensemble continu doué de propriétés analogues.

La dernière partie du mémoire étudie le cas des points invariants dont le multiplicateur a le module 1, et achève d'établir, en toute généralité, la proposition relative au nombre *fini* des points d'attraction.

Au fur et à mesure de sa recherche, M. Julia avait consigné ces résultats dans des plis cachetés, déposés à l'Académie; postérieurement au dépôt du dernier pli, et en décembre 1917, un géomètre connu, M. Fatou, auquel la théorie de l'itération devait déjà d'intéressants progrès dans une voie nouvelle, énonçait aux *Comptes rendus* la plus grande partie des mêmes résultats, qu'il avait obtenus de son côté et par la même méthode, en utilisant, lui aussi, les propriétés des suites normales de M. Montel : ce n'est pas la première fois, dans l'histoire de la Science, qu'on aura vu deux savants de valeur arriver en même temps, par la même marche, à une même découverte.

Le mémoire de M. Julia porte la marque d'un esprit mathématique d'ordre élevé, dont la vigueur saisit les problèmes dans leur généralité et poursuit les conséquences jusqu'au bout; il dénote également une connaissance approfondie des résultats et des méthodes de l'Analyse moderne avec une aptitude remarquable à les utiliser. Il réalise, dans la question de l'itération, un progrès décisif et montre à nouveau combien s'introduisent naturellement, dans certaines recherches d'Analyse et dans le domaine rationnel lui-même, les propriétés les plus subtiles de la théorie des ensembles et la notion des courbes de M. Jordan.

Aussi, la commission est-elle d'avis, à l'unanimité, de décerner le Grand Prix des Sciences mathématiques à M. **Gaston Julia**; elle propose également d'attribuer, au travail de M. **Samuel Lattès**, une mention très honorable.

L'Académie adopte les propositions de la commission.

PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. Jordan, Appell, Painlevé, Humbert, Hadamard, Boussinesq, Lecornu; Émile Picard, rapporteur.)

Le prix est décerné à sir **Joseph Larmor**, membre de la Société royale de Londres, professeur de mathématiques à l'Université de Cambridge, pour l'ensemble de ses travaux.

PRIX FRANCOEUR.

(Commissaires : MM. Jordan, Appell, Painlevé, Humbert, Hadamard, Boussinesq, Lecornu; Émile Picard, rapporteur.)

Le prix est décerné à M. **Paul Montel**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur les suites de fonctions analytiques.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Deprez, Sebert, Vieille, Lecornu, Schlœsing père, Haton de la Goupillière, Bertin; Kœnigs, rapporteur.)

M. **Ch. Boileau** a publié récemment un traité ayant pour titre : *Le moteur à essence adapté à l'automobile et à l'aviation*. Le but poursuivi est essentiellement pratique et technique; mais l'auteur n'a prétendu l'atteindre que par la mise en œuvre de la méthode scientifique associée à un savoir profond des circonstances complexes dont s'accompagnent les utilisations de ce genre de moteurs. L'étude individuelle de chacune de ces circonstances a été entreprise par l'auteur avec un sens très exact des phénomènes mécaniques

et aussi avec une critique judicieuse dans le choix des formes mathématiques (calculs ou graphiques) sous lesquelles se précisent en fin de compte les résultats attendus que le praticien doit retenir et utiliser. Dans cette matière où il a été tant écrit, l'auteur a très heureusement marqué sa propre empreinte et affirmé sa personnalité.

Depuis la publication de son livre, M. Ch. Boileau n'a cessé de poursuivre ses travaux dans le même sens. C'est ainsi qu'il vient de produire une étude sur le rôle de l'humidité atmosphérique dans les essais de moteurs; il a réussi à montrer qu'elle peut donner lieu à une correction pour le moins aussi importante que celle que l'on a coutume de faire d'après l'état de la pression atmosphérique.

La commission a jugé qu'il y avait lieu d'encourager ces consciencieux efforts en vue de développer l'application des méthodes scientifiques à l'étude des moteurs à essence, principalement dans leur adaptation à l'Automobile et à l'Aviation, question qui présente actuellement un si vivant et si capital intérêt.

En conséquence, la commission est d'avis de décerner le prix Montyon à M. **Ch. Boileau**.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

PRIX FOURNEYRON.

(Commissaires : MM. Marcel Deprez, Sebert, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Schlœsing père, Haton de la Goupillière, Bertin; Boussinesq, rapporteur.)

L'Académie avait mis au concours séparément les deux questions suivantes :

1° *Étude théorique et expérimentale des roulements à billes;*
2° *Perfectionnements importants des moteurs d'aviation.*

Aucun candidat ne s'est présenté.

Les prix ne sont pas décernés.

PRIX BOILEAU.

(Commissaires : MM. Marcel Deprez, Sebert, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Schlœsing père, Haton de la Goupillière, Bertin; Boussinesq, rapporteur.)

La commission propose de décerner le prix Boileau, d'Hydraulique, à MM. C. **Camichel**, D. **Eydoux** et M. **Gariel** pour le vaste ensemble de leurs expériences et de leurs calculs sur les coups de bélier, spécialement pour les observations qu'ils ont faites en commun sur les conduites des usines hydroélectriques employées aux transports de force, ou aux autres utilisations industrielles, de nos chutes d'eau pyrénéennes.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Deprez, Sebert, Vieille, Kœnigs, Schlœsing père, Haton de la Goupillière, Bertin; Lecornu, rapporteur.)

M. **Emile Belot**, directeur des manufactures de l'Etat, est bien connu du monde savant pour ses travaux de cosmogonie, où il a cherché à préciser le rôle des tourbillons de Descartes dans la formation de l'univers. Partant de quelques hypothèses générales, dont il a poursuivi les conséquences avec une grande ingéniosité, il est parvenu à un ensemble de vérifications numériques qui semblent bien dignes de retenir l'attention. Il a étendu ce genre de spéculations au domaine de la géologie, et obtenu une reproduction artificielle de divers phénomènes volcaniques, terrestres ou lunaires.

Dans un ordre d'idées bien différent, M. Belot a fait preuve d'un remarquable esprit d'invention, en créant de fort belles machines destinées à remplacer, dans les manufactures de l'État, le travail de l'homme par celui d'appareils automatiques pour des opérations telles que le paquetage du tabac à fumer, le roulage des cigares, le moulage des cigarettes, etc. Ces machines permettent de réaliser des économies fort importantes.

La commission du prix de Parville, reconnaissant les mérites scientifiques et iudustriels de M. **Emile Belot**, propose de lui attribuer ce prix.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Jordan, Emile Picard; Deslandres, rapporteur.)

Le prix est décerné à M. **Aristarch Bělopolskij**, directeur de l'Observatoire de Poulkovo, pour l'ensemble de ses beaux travaux d'analyse spectrale appliquée à l'astronomie.

PRIX DAMOISEAU.

(Commissaires : MM. Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Jordan, Lippmann, Émile Picard ; Deslandres, rapporteur.)

L'Académie avait posé la question suivante :

Calculer plus exactement, en tenant compte des résultats des expéditions récentes, l'attraction de la lune sur le bourrelet formé à la surface de la terre par les marées. Examiner l'effet de cette attraction sur la vitesse angulaire de rotation de la terre.

Aucun mémoire n'a été déposé.

Le prix n'est pas décerné et le sujet est reporté à l'année 1920 et, s'il est nécessaire, à l'année 1922.

PRIX VALZ.

(Commissaires : MM. Deslandres, Baillaud, Hamy, Puiseux, Jordan, Lippmann, E. Picard; Bigourdan, rapporteur.)

Entré à l'Observatoire de Paris comme calculateur auxiliaire, le 1er avril 1879, M. **Frédéric Sy** perfectionna ses connaissances à l'École d'Astronomie, puis fut nommé aide astronome à l'Observatoire d'Alger en 1887. Pen-

dant une dizaine d'années il y a pris part aux observations méridiennes et principalement collaboré au catalogue de 10000 étoiles qui embrasse la zone A. G. de — 18° à — 23°.

De 1896 à 1912 il a fait un grand nombre d'observations équatoriales de comètes, de petites planètes, d'occultations, etc.

Enfin depuis 1912 il a obtenu de nombreux clichés photographiques, particulièrement pour la recherche de petites planètes connues, mais qui s'écartent des éphémérides. Il a ainsi trouvé en 1916 deux planètes nouvelles, (858) et (859); une troisième, 1906 VG, est en voie d'identification. Votre commission vous propose d'accorder le prix Valz pour 1918 à M. **Frédéric Sy** pour l'ensemble de ses travaux, poursuivis pendant près de 40 ans.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

PRIX JANSSEN.

(Commissaires : MM. Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Jordan, Lippmann, Émile Picard; P. Puiseux, rapporteur.)

On sait que les missionnaires de la Compagnie de Jésus ont retrouvé et traduit, au cours du XVIII[e] siècle, un ensemble de documents d'où il résulte que l'astronomie a été cultivée en Chine, de temps presque immémorial, avec un succès remarquable. J.-B. Biot a discuté avec talent, dans le *Journal des Savants*, une partie des informations ainsi recueillies. Depuis, d'autres érudits ont eu recours à la même source pour fixer la chronologie des *Annales chinoises* et pour remonter, plus haut que les observations de l'Occident n'avaient permis de le faire, dans l'histoire de l'activité solaire, des essaims de météores, des comètes périodiques.

Depuis une quinzaine d'années le P. Stanislas Chevalier s'attache avec persévérance à faire revivre une tradition honorable à la fois pour son ordre et pour la nation chinoise. Il a trouvé dans la colonie étrangère de Shang-Haï les concours nécessaires pour fonder à Zô-Sè un observatoire supérieurement équipé et pour y rassembler des auxiliaires indigènes qu'il a formés aux bonnes méthodes scientifiques. Le principal instrument dont il dispose comporte un objectif de $0^m,40$ d'ouverture, figuré par les frères Henry en vue des applications photographiques, et l'objet le plus constamment poursuivi a été l'interprétation des changements dont la surface du Soleil est le siège.

La collection des clichés de Zô-Sè, de même que celle de Meudon, est loin d'avoir été intégralement publiée. Les caprices de l'atmosphère y ont introduit, cela était inévitable, des inégalités et des lacunes. Mais les spécimens insérés dans les neuf volumes des *Annales de l'Observatoire* sont presque tous de qualité distinguée, et beaucoup approchent de la limite de définition théorique. Des tableaux statistiques résument d'ailleurs les documents non reproduits et en dégagent une histoire, évidemment plus sommaire, mais presque quotidienne du Soleil.

Quand des taches exceptionnelles par leur structure ou leur dimension se sont offertes dans des conditions favorables, il en a été pris plusieurs clichés à de courts intervalles et l'on a fourni plusieurs tirages d'intensité différente. L'expérience indique, en effet, qu'une seule épreuve ne peut bien montrer les détails très brillants des facules en même temps que les détails relativement sombres du fond des taches. Par le rapprochement de plusieurs images d'un même objet, le lecteur attentif est mis à même de distinguer entre les changements réellement accomplis à la surface du Soleil et les changements, souvent bien plus apparents, qui tiennent au procédé photographique.

L'attention de vos commissaires a été surtout retenue par le mémoire publié en 1914, sous le titre : *Etudes photographiques sur les taches solaires*. On y trouve une discussion approfondie de divers problèmes qui se posent au sujet de ces formations grandioses et énigmatiques. Les analogies fondées sur la météorologie terrestre ont été trouvées, en général, décevantes. Mais un jour très vif est projeté sur la naissance des taches, ordinairement précédées de points noirs qui apparaissent dans les nuages de facules, sur la division de la pénombre en filaments, sur les relations de ces filaments avec les grains de la photosphère, sur leur terminaison en pointes, souvent élargies d'une manière illusoire par l'irradiation. Il résulte aussi d'une discussion méthodique que les traînées brillantes qui divisent souvent le fond des taches n'appartiennent pas, en réalité, à un niveau différent. L'appellation usuelle de *ponts* ne devrait pas leur être appliquée et serait à remplacer par celles de *coulées* ou de *digues*.

En attribuant le prix Janssen au P. **Stanislas Chevalier**, directeur de l'Observatoire de Zô-Sè, près de Shang-Haï en Chine, l'Académie récompensera l'un des plus actifs continuateurs du maître illustre qui a été longtemps parmi nous le représentant autorisé des études solaires.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

PRIX PIERRE GUZMAN.

(Commissaires : MM. Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Jordan, Lippmann, Emile Picard.)

Le prix n'est pas décerné.

GÉOGRAPHIE.

PRIX DELALANDE-GUÉRINEAU.

(Commissaires : MM. Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Favé, Edmond Perrier, Guignard, le prince Bonaparte; Grandidier, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX GAY.

(Commissaires : MM. Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Favé, Edmond Perrier, Guignard, le prince Bonaparte; Grandidier, rapporteur.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante :

Progrès les plus récents introduits dans la géodésie.

Aucun candidat ne s'est fait inscrire.

Le prix n'est pas décerné et la question est maintenue au concours pour l'année 1921.

PRIX TCHIHATCHEF.

(Commissaires : MM. Grandidier, Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Favé, Edmond Perrier, Guignard; le prince Bonaparte, rapporteur.)

Le Dr **Filippo de Filippi**, actuellement lieutenant-colonel directeur du bureau italien d'action extérieure à Londres, a dirigé en 1913 et 1914 une

mission géographique italienne dans la région du Kara-Korum et dans les territoires de l'Asie centrale.

Le Dr Filippo de Filippi a fait de nombreux levés topographiques et géodésiques dans les territoires montagneux qui s'étendent des frontières septentrionales de l'Inde britannique jusque dans le Turkestan chinois. Il a établi 14 stations sur des sommets variants de 5000 à 17000 pieds d'altitude; les opérations qu'il y a effectuées lui ont permis de relier le réseau géodésique de l'Inde dans les plaines de l'Indoustan à celui du Turkestan russe.

La découverte de la source de la rivière de Yarkand a amené le Dr Filippo de Filippi à explorer systématiquement tout son bassin supérieur, à faire une grande triangulation et à exécuter des levés topographiques sur environ 5000 milles carrés de pays.

Grâce aux signaux de télégraphie sans fil émis par la station de Lahore et reçus au quartier général du service trigonométrique de l'Inde à Dahra Dun et par les différentes stations de la mission du Dr Filippo de Filippi on a pu déterminer des différences de latitude; on a pu également déterminer les coordonnées exactes des stations dans le Kara-Korum et dans l'Asie centrale, ce qui permettra de corriger les vieilles cartes et servira à l'avenir pour appuyer les levés de topographie détaillée à exécuter dans les régions par la mission italienne.

On voit donc par ce qui précède que les résultats obtenus par le Dr **Filippo de Filippi** rentrent bien dans le programme du prix Tchihatchef, que votre commission vous propose de lui décerner.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Favé, Edmond Perrier, Guignard, le prince Bonaparte; Grandidier, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

NAVIGATION.

PRIX DE SIX MILLE FRANCS.

(Commissaires : MM. Grandidier, Boussinesq, Marcel Deprez, Sebert, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Kœnigs, Favé ; Bertin et Bourgeois, rapporteurs.)

Le prix est partagé de la manière suivante :

Un prix de la valeur de *trois mille francs* est décerné à MM. **Ernest Berger**, capitaine d'artillerie, membre de la commission des poudres de guerre de Versailles, répétiteur à l'École polytechnique, et **Emile Guilbert**, ingénieur principal de l'artillerie navale au Ministère de la marine ;

Un prix de la valeur de *trois mille francs* est décerné à MM. **Georges Walser**, lieutenant de vaisseau, et **André Broca**, capitaine d'artillerie de réserve, attaché à la direction des inventions au Ministère de l'armement.

Les travaux que l'Académie entend récompenser ont un caractère confidentiel qui ne permet pas de les faire connaître.

PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Grandidier, Boussinesq, Deprez, Sebert, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois; Bertin, rapporteur.)

Le prix est partagé également entre M. le duc **Maurice de Broglie**, lieutenant de vaisseau de réserve, attaché à la direction des inventions au Ministère de l'armement, et M. **C.-J. Tossizza**, ingénieur de 1re classe du génie maritime, attaché à la direction des constructions navales à Brest, pour divers travaux intéressant la défense nationale.

PHYSIQUE.

PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. Lippmann, Bouty, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Violle, rapporteur.)

La Commission est unanime à proposer à l'Académie de décerner, cette année, le prix L. La Caze à M. **Aimé Cotton**, professeur-adjoint à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux.

L'œuvre de ce savant est considérable; elle atteste une imagination féconde, contrôlée sans cesse par une expérimentation précise.

M. Cotton a commencé ses recherches, il y a vingt-cinq ans, dès sa sortie de l'Ecole Normale.

Il s'était demandé si quelque liquide doué du pouvoir rotatoire n'absorberait pas inégalement un rayon droit et un rayon gauche. Il réussit à trouver, en effet, des liquides possédant nettement le *dichroïsme circulaire*. Ce phénomène a été beaucoup étudié depuis, théoriquement et expérimentalement. On le considère maintenant comme une propriété générale des milieux actifs absorbants.

Il avait constaté que ce dichroïsme circulaire était accompagné d'une dispersion rotatoire anomale, extrêmement marquée, à tel point que le sens même du pouvoir rotatoire changeait avec la radiation employée. Il montra que les anomalies de la dispersion étaient en relation avec les variations systématiques que subit l'indice de réfraction dans une bande d'absorption. Il put ainsi non seulement expliquer les anomalies du pouvoir rotatoire, mais aussi retrouver, sans calcul, la règle de Natanson, reliant le sens de la rotation au signe du dichroïsme circulaire. Il arrivait à ce résultat en considérant séparément les deux courbes de dispersion du rayon droit et du rayon gauche et en généralisant les résultats alors connus sur la dispersion anomale.

On peut raisonner de la même manière toutes les fois que dans un milieu se propagent deux sortes de vibrations privilégiées : considérer séparément les bandes d'absorption qui leur sont propres et les variations correspon-

dantes des deux indices principaux. On ne tarda pas à constater l'intérêt de cette méthode, qui a une portée générale et qui est devenue familière aux physiciens. Elle permit bientôt à M. Cotton d'expliquer jusque dans leurs détails les remarquables propriétés magnéto-optiques que présentent la vapeur de sodium, l'hypoazotide et d'autres substances, au voisinage des raies modifiées par le phénomème de Zeeman.

Nous croyons devoir rappeler ici presque textuellement la disposition, remarquablement simple, que M. Cotton donne à l'expérience, dans le cas de la vapeur de sodium indiquée par M. Righi. Un faisceau intense de lumière blanche, provenant d'une lampe à arc, traverse : 1° un nicol dont la section principale est à 45° de l'horizontale; 2° l'espace compris entre les branches d'un électro-aimant, capable de donner un champ de quelques milliers d'unités, dont les lignes de force seront horizontales et exactement perpendiculaires au faisceau; 3° un deuxième nicol mis à peu près à l'extinction sur le premier. On regarde la source au travers de ce nicol à l'aide d'une lunette et l'on rend l'extinction complète. Si l'on place alors entre les pièces polaires une flamme d'un éclat modéré, colorée en jaune par un sel de sodium, et si on lance le courant, l'extinction est détruite : on voit très nettement apparaître la source (particulièrement la partie gazeuse de l'arc) colorée en jaune.

D'après toutes les observations du phénomène de Zeeman, la flamme émet, dans ces conditions, des raies complètement polarisées formées par des vibrations, soit parallèles, soit perpendiculaires aux lignes de force du champ. Considérons, pour fixer les idées, une raie formée par des vibrations verticales. Cette raie absorbe les vibrations identiques aux siennes, c'est-à-dire la composante verticale de la lumière blanche; elle laisse passer au contraire la composante horizontale, qui n'est plus arrêtée complètement par l'analyseur et fait voir la source par la lumière de cette composante.

En même temps s'affirme la règle reliant l'émission et l'absorption par un même corps. M. Cotton a publié à ce sujet dans la *Revue générale des Sciences* un article très intéressant «sur l'aspect actuel de la loi de Kirchhoff», autour de laquelle se groupent tant de faits expérimentaux.

M. Cotton a beaucoup étudié le phénomène de Zeeman. Depuis son petit livre, éminemment suggestif de la *Collection Scientia*, il est revenu à bien des reprises sur ce sujet dans ses publications.

Ses recherches personnelles sur la question furent d'abord surtout qualitatives. Il montra qu'on pouvait constater sans spectroscope le changement de période produit par le champ magnétique, en utilisant simplement les

propriétés absorbantes des flammes. Il fit ensuite des mesures, où il s'est particulièrement attaché à obtenir une détermination rigoureuse de l'intensité du champ magnétique en valeur absolue. Il a imaginé à cet effet une balance, perfectionnée depuis par M. Sève, qui ramène la mesure du champ à la mesure d'un courant et au moyen de laquelle il effectua, avec M. Pierre Weiss, la première mesure absolue correcte du phénomène de Zeeman.

Cette mesure faite sur les raies bleues du zinc présente un intérêt particulier. Elle se trouva en effet en complet désaccord avec la valeur donnée par les mesures antérieures. D'autre part, si l'on cherchait à en déduire le rapport de la charge à la masse d'un électron, on trouvait $1,77.10^7$, alors que des mesures concordantes sur les rayons cathodiques avaient donné à plusieurs observateurs la valeur $1,88.10^7$. En réalité, la valeur trouvée par MM. Cotton et Weiss était exacte. Elle a été confirmée depuis par des mesures très soignées du phénomène de Zeeman dues à différents physiciens. Elle sert maintenant souvent à la mesure indirecte du champ par la photographie des modifications des raies du zinc. Quant aux mesures sur les rayons cathodiques, elles présentaient une erreur systématique, qu'il a suffi d'écarter pour y trouver la valeur $1,77.10^7$, celle que le travail de MM. Cotton et Weiss indiquait pour ce rapport, capital, de la charge à la masse d'un électron.

Une grande partie des travaux de M. Cotton a été faite avec l'aide de M. Mouton.

Dans leur longue collaboration, les deux physiciens firent d'abord des recherches de microscopie; mais ils furent bientôt ramenés à la magnéto-optique.

Un bloc de verre, convenablement taillé, posé sur la platine d'un microscope ordinaire, leur permet d'éclairer les plus petits objets sur un fond noir. Cet ultra-microscope très simple a aujourd'hui sa place marquée dans tout laboratoire de recherches. Les auteurs s'en sont eux-mêmes servis pour des études délicates sur le transport électrique et la coagulation des colloïdes. Ils ont constaté que les particules en suspension suivent fidèlement les changements de sens d'un courant alternatif, même à raison de plusieurs milliers par seconde (fréquence d'un arc chantant). Ils ont donné ainsi une illustration frappante des actions électriques sur les particules chargées, qui jouent aujourd'hui un si grand rôle dans la Science.

Non contents de bien voir les particules qui fourmillent dans les liquides colloïdaux, MM. Cotton et Mouton voulurent en connaître les propriétés. A cet effet ils reprirent l'étude de la biréfringence magnétique singulière

signalée par Majorana dans le fer Bravais et ils l'étendirent à d'autres solutions colloïdales d'hydroxyde de fer. Ils se trouvèrent ainsi confirmés dans leur idée, déjà ancienne, que les particules en suspension dans ces liquides sont anisotropes, qu'elles tendent à s'orienter dans le champ magnétique et que cette orientation est contrariée par le mouvement brownien. Tous les faits observés sont d'accord avec cette interprétation : soit que l'on fasse varier le champ magnétique, soit que l'on modifie les particules par chauffage du liquide, soit encore que l'on produise la coagulation du colloïde pendant qu'il est soumis à l'action du champ, etc.

Lorsqu'on laisse refroidir, pendant qu'il est placé dans l'électro-aimant, le liquide additionné de gélatine, la gelée ainsi obtenue constitue un aimant transparent, possédant, outre la vertu magnétique, la biréfringence magnétique, la polarisation rotatoire magnétique et même le dichroïsme circulaire magnétique, que l'on constate encore ici.

Les particules d'hydroxyde ferrique étant manifestement attirables à l'aimant, on conçoit bien la netteté des phénomènes observés. MM. Cotton et Mouton montrèrent qu'on observait une biréfringence magnétique plus faible et cependant mesurable dans un liquide colloïdal ne renfermant pas de métal magnétique, mais des cristaux très petits de carbonate de calcium, observation qui a été largement généralisée depuis par M. Chaudier.

Lorsque, bientôt après, MM. Cotton et Mouton découvrirent qu'un liquide pur, le nitrobenzène, prenait dans le champ magnétique les propriétés d'un cristal uniaxe, ils furent conduits à expliquer cette propriété nouvelle en admettant que les molécules elles-mêmes d'un liquide diamagnétique homogène, dont le moment magnétique résultant est exactement nul, possèdent une anisotropie magnétique et optique. Cette hypothèse, qui paraît aujourd'hui toute naturelle, ne s'était alors présentée à aucun esprit.

Tous les faits observés, au cours d'une étude expérimentale de plus de six années, se sont montrés d'accord avec cette conception, depuis l'influence de la température sur la biréfringence magnétique du nitrobenzène jusqu'aux lois, dernièrement établies, de la biréfringence magnétique des mélanges liquides.

De simples considérations chimiques suffisent à montrer que les molécules et les atomes eux-mêmes doivent être anisotropes. L'anisotropie variera d'une substance à l'autre; elle dépendra non seulement de la constitution de la molécule, mais des orientations respectives des diverses parties. C'est ainsi que MM. Cotton et Mouton ont pu coordonner les résultats de

leur longue série de mesures sur les liquides de la série aromatique et même prévoir la biréfringence magnétique, positive, d'un liquide minéral, l'acide azotique.

Ils ont ainsi mis les chimistes en possession d'un nouveau procédé d'étude, offrant cet avantage que les différents corps présentent des biréfringences magnétiques, positives ou négatives, dont l'ordre de grandeur varie beaucoup d'une substance à une autre, comme d'ailleurs cela a lieu quant à la biréfringence électrique, découverte par Kerr depuis plus longtemps, mais plus difficile à mesurer sur les liquides mauvais isolants.

De l'étude de ces biréfringences artificielles on peut attendre d'autres résultats importants pour la physique moléculaire. M. Cotton a réussi, avec la collaboration de MM. Mouton et Drapier, à montrer que, par la combinaison des actions directrices d'un champ magnétique et d'un champ électrique, on pouvait arriver à connaître les éléments de symétrie de molécules, identiques entre elles, en suspension dans un liquide, où elles sont animées de mouvements incessants et dont l'orientation, livrée au hasard, change à chaque instant.

L'expérience a été faite avec des poussières ultra-microscopiques de benzoate de calcium, disséminées dans un liquide visqueux, l'aniline. Cette liqueur mixte était soumise à l'action simultanée d'un champ électrique faible (quelques centaines de volts par centimètre) et du champ magnétique le plus énergique à leur disposition.

Il y aurait grand avantage, pour de telles études et beaucoup d'autres, à posséder ce puissant électro-aimant que, certainement, la guerre seule a empêché l'Académie de réaliser.

La défense nationale a de même momentanément interrompu les efforts de M. **Cotton** dans la voie où il avait effectué les beaux travaux qui justifient surabondamment l'attribution du prix La Caze à leur auteur.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

PRIX HÉBERT.

(Commissaires : MM. Lippmann, Bouty, Villard, Branly, Bonssinesq, Émile Picard, Carpentier; Violle, rapporteur.)

Le prix est décerné à M. **P. Boucherot**, ingénieur, pour ses travaux d'électricité.

PRIX HUGHES.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Villard, Branly, Boussinesq, Emile Picard, Carpentier; Bouty, rapporteur.)

Le prix est décerné à M. **Anatole Leduc**, professeur adjoint à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux.

FONDATION DANTON.

(Commissaires : MM. Lippmann, Bouty, Villard, Branly, Boussinesq, Emile Picard, Carpentier; Violle, rapporteur.)

Les arrérages de cette fondation sont attribués à M. **Louis Dunoyer**, capitaine inspecteur du matériel d'aviation aux armées, pour ses travaux sur les phénomènes radiants.

FONDATION CLÉMENT FÉLIX.

(Commissaires : MM. Lippmann, Bouty, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Violle, rapporteur.)

La subvention est accordée à M. **Paul Langevin**, professeur au Collège de France, pour ses travaux sur les résonances électriques.

CHIMIE.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires : MM. A. Gautier, Haller, Le Chatelier, Schlœsing père, Carnot, Maquenne; Lemoine et Moureu, rapporteurs.)

Un prix de la valeur de *deux mille cinq cents francs* est décerné à MM. **Henri Guillemard**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de

Lyon, et **André Labat**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Bordeaux, attachés au laboratoire de M. Desgrez, à la Faculté de médecine de Paris, pour leurs travaux relatifs à la protection collective contre les gaz asphyxiants;

Une mention honorable de la valeur de *quinze cents francs* est attribuée à M. **Félix Leprince-Ringuet**, ingénieur en chef des mines, pour ses recherches sur l'inflammabilité du grisou;

Une mention honorable de la valeur de *mille francs* est attribuée à M. **Louis Nomblot**, préparateur à l'Institut de chimie appliquée de la Faculté des sciences de Paris, pour le procédé de préparation qu'il a mis au point d'un produit nocif utilisé par l'artillerie.

Rapport de M. Charles Moureu *sur les travaux de MM.* **Guillemard** *et* **Labat.**

MM. **Guillemard** et **Labat**, agrégés des Facultés de médecine, médecin et pharmacien-major aux armées, sont affectés, depuis deux ans, au laboratoire de recherches militaires de la Faculté de médecine de Paris, dirigé par le professeur Desgrez.

Ils se sont occupés tout spécialement des travaux relatifs à la protection collective contre les gaz asphyxiants. A ce titre, ils ont pris une part active à l'étude des méthodes successivement adoptées pour la neutralisation de ces gaz.

En raison même de l'obligation de les faire porter sur des masses gazeuses toxiques importantes, ces recherches exigent un dévouement absolu et de tous les instants. Les travailleurs qui s'en occupent sont exposés à de fréquentes indispositions, que ne permettent pas toujours d'éviter les précautions les plus minutieuses. Malgré ces dangers, auxquels MM. Guillemard et Labat ont, eux aussi, payé un large tribut, ils n'ont pas interrompu leur service.

En outre de ces qualités morales, auxquelles votre rapporteur croi devoir rendre hommage, MM. Guillemard et Labat ont su mettre à profit, dans leurs recherches, les connaissances de Chimie générale et d'Analyse dont leurs travaux antérieurs donnent la garantie. L'heure n'est pas encore venue qui puisse permettre de préciser, avec les détails nécessaires, l'importance des recherches qui ont contribué à protéger nos soldats. Votre rapporteur peut cependant dire que MM. Guillemard et Labat ont fait, dans les conditions les plus variées, l'étude expérimentale des réactifs de neutralisation de tous les gaz employés par l'ennemi. Leurs recherches ont,

en outre, porté sur la détection et la fixation pratiques de l'oxyde de carbone. Les chimistes savent quelles difficultés s'attachent à l'étude de cette question. Ce sont précisément ces difficultés que les travaux de MM. **Guillemard** et **Labat** ont contribué à surmonter. Les services intéressés n'ont, d'ailleurs, pas hésité, en présence des démonstrations qui ont été faites, à adopter les méthodes proposées par le laboratoire auquel appartiennent ces deux chimistes.

Aussi votre commission a-t-elle été unanime à vous proposer de leur décerner en commun le prix Montyon.

Rapport de M. G. Lemoine *sur les travaux de M.* **Félix Leprince-Ringuet**.

Une mention honorable est décernée à M. **Félix Leprince-Ringuet**, ingénieur en chef au Corps des Mines, pour un ensemble de recherches sur les limites d'inflammabilité du grisou mélangé en différentes proportions à divers gaz: azote, oxygène, acide carbonique.

Ces expériences, commencées à Alais et poursuivies à Liévin, s'ajoutent très utilement à celles qui ont déjà été faites sur cette importante question. Elles permettent de résoudre les problémes qui se posent dans la pratique pour les mélanges grisouteux.

Le détail de ces expériences ne pourra être publié qu'après la guerre, mais les communications, faites à l'Académie des Sciences et insérées dans les *Comptes rendus*, permettent déjà d'en apprécier la valeur.

Rapport de M. Charles Moureu *sur les travaux de M.* **Louis Nomblot**.

M. **Louis Nomblot**, ingénieur-chimiste, préparateur à l'Institut de Chimie appliquée de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, a exécuté avec succès, au laboratoire d'études chimiques de guerre dirigé par M. le Professeur Moureu, une série de recherches, aussi utiles que pénibles, sur diverses substances susceptibles d'emploi militaire. Par son son habileté et son dévouement, il a largement contribué, notamment, à la mise au point, d'abord au laboratoire et ensuite à l'usine, dans des conditions parfaites d'hygiène et de sécurité pour les ouvriers, d'un procédé de préparation d'un produit hautement nocif utilisé par notre artillerie.

Nous proposons à l'Académie de reconnaître le mérite de M. **Nomblot** en lui décernant une mention honorable du Prix Montyon.

L'Académie adopte les propositions de la commission.

PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Lemoine, Le Chatelier, Moureu, Schlœsing père, Carnot, Maquenne; Haller, rapporteur.)

En raison du milieu où il a fait ses études, et aussi de la déférence qu'il avait pour ses maîtres, M. **Robert Lespieau** s'est trouvé aux prises avec des difficultés d'ordre doctrinal dès le début de sa carrière. Impressionné par la lecture des écrits de Wurtz sur la théorie atomique, pressentant à son adoption une ère de progrès et de développements féconds pour la Chimie, il fut acquis aux doctrines de l'illustre novateur avant son entrée à l'Ecole Normale supérieure. C'était à l'époque des grandes controverses entre les partisans des idées nouvelles et ceux des équivalents, dont le corps enseignant de nos grandes Ecoles et de nos Lycées restait les défenseurs convaincus et militants.

Cette situation explique l'orientation des recherches de M. Lespieau à l'époque où, de simple élève, il devient le chercheur convaincu et l'expérimentateur habile qu'il s'est montré dans la suite. Se rendant compte que les travaux de physico-chimie, qu'il suivait avec une attention particulière, mettaient en évidence la supériorité de la notion du poids moléculaire sur le concept d'équivalents, M. Lespieau, après s'être initié aux méthodes cryoscopiques et ébullioscopiques auprès de leur auteur même, s'est fait le protagoniste convaincu de l'œuvre de Raoult dans tous les milieux où il a pu exercer son action. Aux recherches de l'illustre physico-chimiste il en a ajouté de personnelles et a montré que si les sels, dissous dans l'eau, n'obéissent pas aux lois de Raoult, ces lois étaient applicables quand on opérait par ébullioscopie en milieu éthérée.

Il a complété ce travail par des études cryoscopiques au sein de l'acide cyanhydrique et de l'hydrate $SO^4H^2.H^2O$.

C'est toutefois dans le domaine de la Chimie organique que se trouve l'œuvre la plus importante de M. Lespieau. Et là encore ce sont des phénomènes nouveaux, en partie inexpliqués et par conséquent sujets à des contestations, qui suscitent son activité de chercheur.

Une étude approfondie du propylène dibromé de Reboul lui ayant démontré que ce dérivé répondait bien à la formule $CH^2 = CBr.CH^2Br$ et qu'il bouillait à 140°, et non à 151° comme l'indiquait l'auteur, M. Lespieau chercha à obtenir l'isomère $CHBr = CH - CH^2Br$ sous ses deux formes *cis*

et *trans*. Il n'obtint que l'une d'elles et s'en servit pour réaliser une nouvelle synthèse de la quinoléine en faisant agir le dibromure sur l'aniline.

Le même composé lui permit en outre de reproduire l'alcool propargylique dont l'éther méthylique fournit par hydrogénation, au moyen du sodium, de l'allyléne sodé, premier exemple de réduction d'une fonction éther-oxyde en carbure. En oxydant le dérivé cuivreux de l'alcool propargylique, il effectua la synthése d'un glycol biacétylénique, unique représentant jusqu'alors de ce genre d'alcools biatomiques.

Ces études le conduisirent à préparer la dialdéhyde malonique bromée, l'acide γ-oxytétrolique et ses produits d'addition bromés dont les uns sont des lactones et d'autres des acides.

On lui doit aussi de très belles recherches dans la série crotonique par la préparation de l'acide vinylacétique, recherches qui lui permirent plus tard de montrer que le cyanure d'allyle, tout en fournissant par saponification de l'acide crotonique et non son isomère, l'acide vinylacétique, possède réellement la constitution $CH^2 = CH.CH^2CN$, la migration de la double liaison se faisant au cours de l'action de la potasse.

Les études dans la série de l'érythrite et de l'éther acétylacétique en partant de l'épichlorhydrine, celles concernant la préparation et la caractérisation de nouveaux alcools acétyléniques vrais, homologues de l'alcool propargylique, l'emploi heureux du platine de Löw comme moyen d'hydrogénation des combinaisons non saturées pour passer aux corps saturés correspondants, etc., dénotent chez notre lauréat, non seulement une maîtrise dans l'expérimentation, mais encore un sens très affiné des phénomènes qui se produisent au sein de ces molécules délicates, entre toutes, à cause de leur caractère incomplet.

Comme tout maître pénétré de sa tâche, M. Lespieau forme des disciples auxquels il communique son ardeur et son enthousiasme pour la recherche.

Plusieurs d'entre eux, MM. Pariselle, Dupont, Vavon, Duffour, Viguier, Bresch, ces deux derniers morts au champ d'honneur, se sont fait connaître par des travaux qui leur ont valu, ou qui étaient sur le point de leur valoir, le grade de docteur ès sciences physiques de la Faculté des Sciences de Paris. A d'autres, et ils sont nombreux, M. Lespieau a inspiré des recherches qui ont abouti au diplôme d'études supérieures.

On peut dire qu'avec son camarade, M. L. Simon, qui, lui aussi, a su former des élèves, notre lauréat a réussi à mettre en honneur la Chimie organique à l'Ecole Normale où elle occupe actuellement une place non moins importante que celle dévolue à la Chimie minérale.

A côté de l'œuvre scientifique et pédagogique de M. Lespieau, il n'est peut-être pas superflu de signaler les services qu'il a rendus au pays depuis le début des hostilités. Fils de militaire (général Lespieau), notre jeune maître n'a pas voulu, au début de sa carrière, bénéficier d'un engagement décennal dans l'Instruction publique et a tenu à faire son service dans les chasseurs alpins, où il a conquis le grade de sergent, puis celui de lieutenant de réserve. En août 1914, et bien que son âge le dispensât de toute obligation militaire, il a demandé à rentrer dans le rang et fut affecté successivement aux établissements de Bourges et de Puteaux. Les installations qu'il y a faites, les perfectionnements qu'il a introduits dans certaines fabrications, réputées parmi les plus dangereuses, le dévouement qu'il y a montré, lui ont valu d'être promu capitaine et d'être décoré de la Légion d'honneur dès 1916. Aussi les nombreux services que M. **Lespieau** a rendus à la science, comme chercheur et comme maître, et à la Défense nationale comme chimiste militaire, ont-ils paru à la Section de Chimie dignes d'être récompensés par l'attribution à son auteur du prix Jecker.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Lemoine, Haller, Le Chatelier, Schlœsing père, Carnot, Maquenne; Moureu, rapporteur.)

Ancien élève de l'École municipale de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris, M. **Paul Lebeau**, sauf un court passage à la Sorbonne en qualité de maître de conférences de Chimie minérale, a parcouru toute sa carrière scientifique à l'École supérieure de Pharmacie de Paris, où il a été successivement préparateur, Agrégé de Chimie et Toxicologie, Professeur de Toxicologie, et enfin Professeur de Pharmacie chimique, chaire dont il est devenu titulaire après la nomination de M. Moureu à la chaire de Chimie organique du Collège de France.

Pendant près de vingt années, il fut le collaborateur principal de Moissan, qu'il assista dans toutes ses recherches et dans celles de ses nombreux élèves. Pour être anonymes, nul ne saurait contester l'importance de ces services rendus à la Chimie française, et c'était notre devoir de les rappeler tout d'abord, avant de parler des multiples et intéressants travaux personnels de M. Lebeau.

1. Le premier travail original de M. Lebeau (1895-1898) est relatif au glucinium, dont l'histoire était auparavant fort mal connue, sans doute à cause des difficultés expérimentales inhérentes à son étude.

Après une analyse minutieuse du minerai, l'émeraude, y démontrant l'existence du manganèse, de l'acide phosphorique, de l'acide titanique et du fluor, M. Lebeau réussit, par l'emploi du four électrique et du carbure de calcium, à en extraire la glucine d'une manière réellement pratique. Une fois en possession d'une matière première abondante et pure, M. Lebeau entreprit une étude systématique des composés du glucinium. Il isola, entre autres corps nouveaux, cet intéressant carbure de glucinium qui fournit, comme le carbure d'aluminium, le méthane dans sa décomposition par l'eau, un borocarbure de glucinium, le fluorure et l'iodure de glucinium. L'étude du fluorure de glucinium et de ces combinaisons avec les fluorures alcalins aboutit à la préparation d'un bain d'électrolyse fusible à basse température, donnant ainsi la solution pratique de l'isolement du glucinium.

2. Nous devons à M. Lebeau une série de recherches, fort importantes au point de vue industriel, sur les arséniures, antimoniures et siliciures métalliques. Il a préparé à l'état pur et cristallisé les arséniures et antimoniures des métaux alcalins en unissant l'arsenic ou l'antimoine au métal employé en grand excès; le métal non combiné est éliminé au moyen du gaz ammoniac liquéfié, qui le transforme en métal ammonium soluble dans le même liquide. Cette élégante technique a permis, en outre, d'obtenir les alliages définis et parfaitement cristallisés $BiNa^3$ et $SnNa^4$.

Le chapitre des arséniures alcalino-terreux est entièrement nouveau. M. Lebeau les obtient très aisément en réduisant les arséniates par le charbon au four électrique. Ils viennent se placer à côté des azotures et phosphures correspondants, donnant comme ces derniers, sous l'action de l'eau à la température ordinaire, un hydrate alcalino-terreux et l'hydrure métalloïdique correspondant (hydrogène arsénié gazeux pur). L'attaque de l'arséniure de calcium par l'eau constitue, par suite, un procédé de préparation de l'hydrogène arsénié aussi pratique que celui de l'acétylène à partir du carbure de calcium.

3. L'importance des recherches de M. Lebeau sur les siliciures métalliques est encore plus grande, et l'Académie a déjà sanctionné leur mérite par l'attribution du prix Bordin à leur auteur en 1905. Limitées à cette époque aux siliciures des métaux de la famille du fer et aux produits siliciés

industriels ou métallurgiques, M. Lebeau, seul ou en collaboration avec MM. Novitzky, Bossuet ou Jolibois, a, dans la suite, étendu ses expériences à différents systèmes : silicium-cuivre, silicium-magnésium, silicium-platine, silicium-palladium. Le siliciure de magnésium bien défini $SiMg^2$ a été isolé à l'état cristallisé, et le siliciure de platine SiPt a pu être atteint comme terme extrême de la siliciuration du platine.

A ces recherches se rattachent celles que M. Lebeau a exécutées sur les siliciures d'hydrogène. En fractionnant, après Moissan et Smiles, les gaz liquéfiables résultant de l'action de l'acide chlorhydrique sur le siliciure de magnésium, M. Lebeau a isolé un nouveau gaz, le silico-éthane Si^2H^6, spontanément inflammable grâce à la présence de la vapeur d'un siliciure liquide, qui paraît être le silico-éthylène Si^2H^4. Par là se trouve précisé un point des plus intéressants de la chimie du silicium.

4. Depuis les expériences de Troost sur la dissociation du carbonate de lithium, on admettait que les carbonates alcalins étaient susceptibles de perdre une petite quantité d'anhydride carbonique à température très élevée. M. Lebeau a établi que ces carbonates présentent une tension de dissociation appréciable à partir de 800°. Les produits de la dissociation étant de l'anhydride carbonique et un oxyde alcalin volatil, il en résulte une volatilisation apparente des carbonates alcalins dans le vide au-dessus de 800°, qui a été mise à profit pour étudier l'action des oxydes alcalins anhydres sur les autres oxydes métalliques.

5. De délicates recherches ont été exécutées par M. Lebeau sur les gaz fluorés, presque toutes en collaboration avec son maître Moissan. Elles ont porté d'abord sur l'hexafluorure de soufre, le fluorure de thionyle, le fluorure de sulfuryle et le fluorure d'azotyle. M. Lebeau les a étendues ensuite aux composés fluorés du sélénium; un nouveau composé liquide, le tétrafluorure SiF^4, a pu être isolé ainsi.

On remarquera que les précieux renseignements apportés par la connaissance de ces dérivés fluorés sur la valence des éléments donnent à ces recherches un haut intérêt.

6. Non moins intéressants au point de vue théorique sont les résultats des études de M. Lebeau sur les combinaisons des halogènes entre eux. Par des expériences très rigoureuses, il a été établi que le fluor et le chlore ne forment pas de combinaisons stables par union directe. Par contre, un

nouveau composé, le fluorure de brome BrF^3, a pu être isolé, en accord avec la trivalence possible du brome.

En ce qui concerne le chlorure de brome, il a été démontré, notamment par l'examen de la courbe de fusibilité des mélanges solides de chlore et de brome, que le produit désigné sous ce nom n'était en réalité qu'une solution de chlore dans le brome.

Ajoutons qu'en présence de l'eau l'action du fluor sur le chlore ou le brome donne l'acide hypochloreux ou hypobromeux.

7. Au cours de ses recherches sur les gaz fluorés et les siliciures d'hydrogène, ainsi que sur les gaz toxiques dégagés par certains produits siliciés industriels, M. Lebeau a institué, avec son élève M. Damiens, une nouvelle méthode d'analyse permettant de déterminer avec certitude, qualitativement et quantitativement, la composition des mélanges gazeux d'hydrogène et de carbures d'hydrogène les plus complexes. La séparation des carbures éthyléniques et acétyléniques est facilitée par l'emploi de réactifs nouveaux: l'acide sulfurique additionné d'anhydride vanadique ou uranique, qui fixe immédiatement l'éthylène, et la solution alcaline d'iodomercurate de potassium, qui absorbe les carbures acétyléniques sans attaquer les carbures éthyléniques. Quant au problème, plus difficile à résoudre, de l'analyse d'un mélange d'hydrogène avec plusieurs carbures saturés, pour la première fois nous voyons apparaître ici une technique vraiment satisfaisante, qui repose principalement sur le fractionnement par distillation après liquéfaction.

8. Les recherches les plus récentes de M. Lebeau concernent l'uranium. Il a été établi que la véritable formule du carbure d'uranium est C^2Ur, rattachant ainsi ce carbure au groupe des carbures des terres rares. Il a montré que la dissolution du nitrate d'uranyle à $6H^2O$ dans l'éther était accompagnée d'une déshydratation partielle, et que le nitrate à $2H^2O$ ainsi formé ne pouvait perdre de l'eau sans perdre en même temps de l'acide nitrique. Ce dernier sel, parfaitement défini, a été utilisé par l'auteur pour la détermination du poids atomique de l'uranium, dont la connaissance est si importante au point de vue de la radioactivité. Une série de mesures très concordantes ont abouti au nombre 238,5, qui confirme les mesures antérieures de W. Richards et H.-L. Merigold.

9. En dehors des travaux de Chimie minérale que nous venons de résumer, et qui font de M. Lebeau un des maîtres incontestés de cette

science, il a eu l'occasion de faire quelques incursions fructueuses dans le domaine de la Chimie organique. C'est ainsi qu'en mettant en œuvre les métaux ammoniums il a découvert, notamment, de nouveaux modes d'obtention des carbures forméniques et des amines primaires, et, en collaboration avec son élève M. Picon, des carbures acétyléniques et des carbures éthyléniques.

10. Depuis plus de trois ans, M. Lebeau a consacré toute son intelligence, son activité et sa grande expérience à la Défense nationale. Votre rapporteur, qui le voit chaque jour à la tâche commune, sait toute l'importance de ses travaux chimiques de guerre. Ils lui ont assuré dans les milieux compétents une réelle et légitime autorité.

Tant de mérites de toutes sortes ne pouvaient manquer de frapper la commission. A l'unanimité, elle vous propose de décerner le prix La Caze à M. **Lebeau**.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. Lemoine, Haller, Le Chatelier, Moureu, Schlœsing père, Carnot, Maquenne; Armand Gautier, rapporteur.)

Les arrérages de la fondation sont répartis entre Mme **Pauline Ramart-Lucas**, docteur ès sciences physiques, préparateur à l'Institut Pasteur, qui recevra une somme de *deux mille francs*, et M. **Etienne Boismenu**, professeur suppléant à l'Ecole de médecine et de pharmacie de Reims, qui recevra une somme de *mille francs*.

PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Haller, Le Chatelier, Moureu, Schlœsing père, Carnot, Maquenne; Georges Lemoine, rapporteur.)

M. **Marcel Guichard**, maître de conférences à la Sorbonne, s'est formé à la Chimie dans le laboratoire de Moissan dont il a été longtemps le collaborateur.

Ses recherches ont porté sur différents points de Chimie minérale, mais surtout sur les composés du molybdène et sur l'acide periodique.

Le molybdène est l'un des métaux dont les oxydes sont les plus nombreux : ils ont entre eux des relations assez compliquées et malgré plusieurs travaux antérieurs ils laissaient encore beaucoup d'incertitudes. M. Guichard a simplifié les données qui paraissaient acquises avant lui. Il a établi que, sur les cinq oxydes connus, deux seulement peuvent être préparés anhydres : ce sont le bioxyde et le trioxyde. Les cinq oxydes peuvent être obtenus à l'état d'hydrates : deux ont des fonctions basiques; deux ont des fonctions acides; en se combinant entre eux, ils donnent un oxyde salin. Le molybdène métallique fondu a pu être préparé à partir du sulfure naturel au moyen du four électrique. Un nouveau sulfure, le sesquisulfure de molybdène, a été obtenu cristallisé.

A la suite de ces recherches, M. Guichard s'est occupé de la détermination des gaz occlus par différentes substances : le cuivre, l'aluminium, le verre, la porcelaine, la silice; sur cette question, que Dumas avait étudiée pour l'argent, il a fourni des données précises et intéressantes.

Dans ces dernières années, M. Guichard s'est attaché avec persévérance à l'étude de l'acide periodique en ayant l'idée arrêtée de faire servir ses recherches à une détermination très exacte du poids atomique de l'iode. Il a commencé par trouver une préparation nouvelle de l'acide periodique pur en oxydant l'iode par l'anhydride azotique. Il a étudié la décomposition de cet acide par la chaleur : elle est complète au-dessus de 300°, mais elle présente la particularité remarquable qu'un peu d'oxygène et de vapeur d'iode, tout en étant à l'état de liberté, restent occlus dans l'acide non encore décomposé.

Après toutes ces expériences, M. **Marcel Guichard** a pu aborder la détermination du poids atomique de l'iode en décomposant l'acide periodique par voie sèche et pesant directement l'oxygène et la vapeur d'iode qui se dégagent. Ce travail est un modèle de précision. Le rapport entre les poids atomiques de l'iode et de l'oxygène, déterminé par une réaction très simple, s'obtient directement sans faire intervenir aucun composé intermédiaire. Ce rapport a été trouvé de 127,915; le poids atomique de l'oxygène, actuellement considéré comme étalon, étant pris exactement égal à 16. Ce nombre concorde sensiblement avec ceux qui résultent des déterminations les plus récentes.

Votre commission vous propose de décerner à M. **Guichard** le prix Houzeau.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, Haug, Edmond Perrier, A. Lacroix; Ch. Depéret, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix Cuvier, réservé cette année, à une œuvre remarquable en paléontologie, à M. le Dr **Arthur Smith Woodward**, conservateur du département des Vertébrés fossiles au British Museum d'histoire naturelle de South Kensington, à Londres.

C'est dans ce Musée, où il est entré comme assistant dès l'âge de 18 ans, que M. Woodward a parcouru toute sa brillante carrière de paléontologiste. Séduit par l'enseignement de l'éminent ichthyologiste Traquair, il fut attiré vers l'étude des Poissons fossiles dont il a fait l'objet principal de ses travaux. Parmi les 200 mémoires ou notes publiés par M. Woodward sur cette branche des Vertébrés fossiles, on doit citer ses Monographies des Poissons permo-carbonifères, triasiques et jurassiques de la Nouvelle-Galles du Sud; celle des Poissons de la Craie d'Angleterre, des Poissons du Lias de Whitby; ses travaux sur les Poissons fossiles de l'Afrique australe, du Brésil, du Groenland, du Spitzberg, etc.

Mais l'Ouvrage fondamental est le *Catalogue* (en 4 volumes) des Poissons fossiles du British Museum, qui a absorbé une grande partie de l'activité de son auteur pendant près de 15 ans, et où l'on remarque des points de vue entièrement nouveaux sur le classement et l'interprétation de différents groupes, notamment sur les Squales primitifs des temps primaires, sur les Squales secondaires tels que les *Hybodus* et les *Acrodus*, jusque-là connus par des documents vagues et imparfaits. Nous y trouvons aussi d'importantes notions nouvelles sur les Acanthodés, les Ostracodermes et les Ganoïdes primaires et secondaires. L'ensemble de ces belles recherches sur les Poissons fossiles constitue une œuvre de premier ordre, digne d'être mise en parallèle avec celle d'Agassiz, de Cope et de Traquair et permet de considérer M. Woodward comme le maître actuel le plus incontesté de l'Ichthyologie fossile.

Mais son activité s'est étendue, au delà de cette spécialité, sur la plupart des autres groupes de Vertébrés fossiles. Dans la classe des Reptiles, il faut citer ses travaux sur divers types sud-américains : un Crocodilien, le *Notosuchus* et un Ophidien très primitif, le *Dinilysia* du Crétacé de Patagonie ; une Tortue cornue, la *Miolania argentina*, décrite comparativement avec les autres Chéloniens cornus du Queensland et de l'île de Lord Howe. Dans le groupe des Dinosauriens, M. Woodward nous a fait connaître les membres et la queue du gigantesque Sauropode, le *Cetiosaurus Leedsi*, de l'Oxfordien de Peterborough et fait ressortir ses affinités avec le *Diplodocus*.

La découverte d'un beau crâne de *Megalosaurus* dans la grande Oolite de Minchinhampton a permis à M. Woodward de montrer que ce genre se rapproche du *Ceratosaurus* américain par la possession d'une corne nasale. C'est enfin à ce paléontologiste que nous devons la connaissance, dans le grès triasique d'Elgin, d'un Dinosaurien sauteur nain, le *Scleromochlus Taylori* et la remarquable description d'un Rhyncocéphalien triasique, le *Rhyncosaurus*.

M. Woodward a également abordé l'étude des Mammifères fossiles. Son premier travail en 1890 a trait à la découverte de l'*Antilope Saïga* dans les graviers de la Tamise. Nous lui devons les premiers renseignements détaillés sur la peau desséchée de l'Édenté subfossile, le *Grypotherium* ou *Neomylodon*, trouvée associée avec des os du squelette dans la grotte Eberhardt, Chili méridional. Il nous a fait connaître les premières découvertes de dents de Mammifères dans le Wealdien du Sussex, et tout récemment une belle mandibule d'un Didelphydé du Crétacé supérieur d'Alberta (Canada), apparenté à l'Opossum actuel.

M. Woodward s'est enfin intéressé au groupe des Singes anthropoïdes et de l'Homme fossile. Parmi les premiers il nous a fait part d'un nouveau gisement du *Dryopithecus Fontani* dans le Miocène supérieur de Lérida et décrit une belle mandibule de cette provenance.

Je terminerai cette énumération incomplète en disant quelques mots de la belle étude de M. Woodward sur le crâne de l'Homme fossile de Pilt Down qui, par son association avec des Mammifères, les uns pliocènes, les autres du vieux Pléistocène, se présente comme l'un des documents authentiques les plus anciens de l'Homme quaternaire en Europe ou plus exactement, de ses ancêtres. M. Woodward a montré que ce crâne, malheureusement incomplet dans la région frontale et faciale, indique, par sa grande capacité cérébrale, une race très différente de la race bestiale du Néanderthal et de Spy, et plus évoluée dans le sens humain. Ce haut degré d'évolution fait

contraste avec une mandibule très simienne, se rapprochant beaucoup de celle du Chimpanzé, à tel point qu'on a pu contester l'attribution de ces pièces à un même individu et à une même espèce. Cet *Eoanthropus Dawsoni*, comme le nomme M. Woodward, doit être regardé en tous cas comme l'une des acquisitions les plus importantes pour l'histoire des ancêtres de l'humanité.

Il a paru à la commission que cet ensemble remarquable de travaux sur les Vertébrés fossiles désignait le nom de M. **A.-S. Woodward** pour la haute distinction honorifique que constitue le prix Cuvier.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES.

(Commissaires : MM. Guignard, Gaston Bonnier, Costantin, Lecomte, Dangeard, Edmond Perrier, Bouvier, le prince Bonaparte; Mangin, rapporteur.)

Les récents travaux de M. **Camille Sauvageau**, professeur de Botanique à la Faculté des Sciences de Bordeaux, constituent la contribution la plus remarquable publiée depuis longtemps sur la biologie des Algues : il s'agit de la découverte de la sexualité chez les Laminariacées.

Ces plantes constituaient parmi les Phæophycées un groupe aberrant par l'absence de reproduction sexuée. On ne connaissait d'autres organes reproducteurs que les sporanges qui apparaissent sur les vieilles frondes ou sur des frondes spéciales, distinctes des feuilles végétatives. L'importance des Laminariacées dans la flore des mers tempérées et froides soulignait encore notre ignorance de leur cycle biologique.

En étudiant les premières phases de la germination des zoospores du *Saccorhiza bulbosa* par l'ensemencement du contenu des sporanges, M. Sauvageau a été frappé par la présence constante, au milieu d'une culture de jeunes plantules de cette espèce, d'un grand nombre de repré-

sentants d'une très petite algue brune qui, au bout d'un certain temps, disparaissait complètement. L'auteur s'est assuré que cette algue n'était pas une impureté, introduite avec les fragments de sores employés pour l'ensemencement, mais qu'elle provenait aussi de la germination des zoospores du *Saccorhiza bulbosa*. Il a en effet observé la croissance de ces formations dans le sore même, à l'intérieur des sporanges.

Observées avec attention dans les bacs de culture, ces formations constituent de petites masses cellulaires à deux ou un plus grand nombre de cellules pourvues de chromatophores, souvent filamenteuses, qui développent sur leurs parties latérales ou terminales une ou plusieurs cellules incolores renfermant chacune une petite masse qui ressemble à un anthérozoïde de *Cystoseira*. Les cellules incolores sont donc semblables à des anthéridies, et les plantules qui les portent seraient des plantules mâles dont la disparition précoce, après l'émission des anthérozoïdes, explique pourquoi elles avaient échappé à l'attention.

Les zoospores du *Saccorhiza bulbosa* sont toutes semblables et cependant elles germent en donnant deux sortes de plantules : les unes très éphémères, que nous venons de signaler, représentent les gamétophytes mâles, les autres, plus volumineuses, paraissaient se développer directement en *Saccorhiza*. Mais un examen attentif montre que le développement de cette seconde espèce de plantules n'est pas direct. En effet, l'embryospore a grossi en doublant son diamètre, puis elle s'est allongée en un tube plus ou moins long qui se cloisonne ou reste indivis; quand la cellule issue de la germination de la spore reste indivise, son contenu, riche en chromatophores, se rassemble à l'extrémité du tube et s'échappe bientôt par un orifice produit par la liquéfaction de la membrane et forme alors une cellule nue, uninucléée, qui reste insérée sur l'extrémité du tube qu'elle vient d'abandonner. Au bout de très peu de temps, cette cellule nue s'entoure d'une membrane et commence à se diviser pour donner la plantule.

Des spores se développent donc un petit thalle d'où s'échappent une ou plusieurs cellules nues; ce sont ces dernières qui, après un très court arrêt de développement, produisent les jeunes Saccorhizes. Le petit thalle issu de la spore est un gamétophyte femelle et la ou les cellules nues qui s'en détachent sont des oosphères.

M. Sauvageau n'a pu encore mettre en évidence le mécanisme intime de la fécondation, qui a lieu pendant le court instant où l'oosphère est à l'état de cellule nue, évadée du gamétophyte.

Sans entrer dans le détail des modifications que présentent les gamétophytes du *Saccorhiza bulbosa*, nous remarquerons que l'auteur a retrouvé les mêmes stades de développement chez deux Laminaires : le *Laminaria saccharina* et le *L. digitata*, ainsi que chez l'*Alaria esculenta*, ce qui confirme l'importance et la signification de ses premiers résultats.

Le cycle biologique des Laminariacées présenterait ainsi un exemple très net d'alternance de génération et comprendrait successivement deux sortes d'individus, le sporophyte, qui constituerait la génération la plus importante et la plus durable au point de vue morphologique, et le gamétophyte à existence fugace mais indépendante.

On connaissait déjà, chez les Algues brunes, des exemples d'alternance de génération; chez les Cuttlériacées, notamment avec *Cuttleria* forme sexuée et *Aglaozonia* forme asexuée, mais chez ces plantes l'alternance n'est pas régulière; de plus, le thalle d'un *Cuttleria* peut produire directement par apogamie des *Aglaozonia*. Il faut remonter presque aux Cryptogames vasculaires, chez les Equisétacées, pour trouver des phénomènes semblables à ceux que M. Sauvageau a découverts chez les Laminariacées.

L'importance de ces résultats justifie la proposition émise à l'unanimité par votre commission de voir attribuer à M. **Sauvageau** le prix Desmazières.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. Guignard, Gaston Bonnier, Costantin, Lecomte, Dangeard, Edmond Perrier, Bouvier, le prince Bonaparte ; Mangin, rapporteur.)

Dans la lutte contre les maladies parasitaires des végétaux, les procédés de vaccination qui confèrent à l'organisme animal une immunité de durée variable ne peuvent être employés, car les cellules des végétaux, à vie relativement indépendante, ne baignent pas dans un milieu interne qu'il est possible de modifier à volonté.

Nous ne pouvons agir, et seulement d'une manière indirecte et empirique, que sur la composition et les réactions du liquide cellulaire et conférer ainsi à certains organes de la plante une résistance de durée assez courte et

d'intensité variable. Incapables de détruire le parasite dès qu'il a pénétré les tissus végétaux, nous en sommes réduits à fermer la porte d'entrée à ses germes; aussi les traitements employés en pathologie végétale sont-ils essentiellement préventifs.

Après la découverte de l'action efficace des sels de cuivre et la publication des observations de Millardet sur leur puissante action toxique vis-à-vis des zoospores du mildiou, on crut avoir vaincu la maladie en se bornant à déposer, à plusieurs reprises, les sels de cuivre plus ou moins adhérents sur les organes de la vigne.

Les mécomptes causés, malgré des traitements répétés, par des invasions désastreuses de mildiou, aggravés par l'apparition du black-rot, et les insuccès des tentatives de traitement contre la nouvelle maladie inquiétaient les viticulteurs, et la faillite du traitement préconisé par Millardet paraissait prochaine.

C'est qu'on n'avait d'abord envisagé qu'un des facteurs de la contamination, le germe, sans s'inquiéter de l'état du terrain nécessaire à son évolution, la réceptivité ou l'immunité de l'hôte.

En 1897, M. Cazeaux-Cazalet, en étudiant le développement du black-rot, établit que les organes de la vigne possèdent une résistance plus ou moins grande en relation avec les conditions atmosphériques. Les périodes de réceptivité correspondent à des pluies accompagnées d'un abaissement de température qui provoquent un ralentissement de la croissance et la disparition de l'amidon dans les mérithalles de l'extrémité des pampres. Si, pendant cette période, les organes possèdent à leur surface une quantité suffisante de sels de cuivre, ils seront protégés contre l'invasion, sinon ils seront contaminés. On conçoit alors que le traitement préservateur, pour être efficace, doive être effectué au moment opportun.

M. **Joseph Capus**, d'abord associé à M. Cazeaux-Cazalet, puis seul, a poursuivi des observations pendant plus de vingt ans sur le mildiou, le black-rot, l'anthracnose en s'attachant à préciser, d'après les données fournies par M. Cazeaux-Cazalet, les conditions dans lesquelles se produit l'invasion des vignobles. Il distingue la *contamination*, c'est-à-dire la pénétration du filament germinatif des zoospores du mildiou dans les tissus de la vigne et l'*apparition* des taches caractéristiques du parasite; le temps qui s'écoule entre la contamination et l'apparition constitue la période d'incubation dont la durée varie varie de 6 à 20 ou 28 jours, cette durée se raccourcissant à mesure que la température s'élève.

M. Capus démontre que dans toutes les invasions la contamination a lieu

à la fin de la période de réceptivité quand le relèvement de la température coïncide avec une pluie. Tous les traitements effectués quelques jours avant cette période de contamination sont efficaces, même lorsqu'ils sont effectués par la pluie; ceux qui sont réalisés après le relèvement de température caractéristique de la contamination sont sans effet.

La nécessité de réaliser les traitements préventifs le plus rapidement possible pendant la période de réceptivité a amené M. Capus à créer des stations d'avertissements. Primitivement destinées à prévenir les cultivateurs de l'existence d'une période de réceptivité, elles risquaient, en raison de la durée de la transmission des avis et de la brièveté souvent grande de la période de réceptivité, d'annoncer trop tard le moment critique; aussi M. Capus conseille-t-il de signaler l'arrivée prochaine d'une période de réceptivité au viticulteur. Celui-ci, prévenu, risquera peut-être de faire un traitement inutile si la pluie favorable à la contamination ne se produit pas, mais il sera toujours prévenu à temps pour sauver son vignoble du désastre.

Le développement et la multiplication des stations d'avertissements démontrent suffisamment leur importance pratique.

M. Capus a étudié aussi le développement de l'anthracnose dont la période d'incubation est bien plus courte que celle du mildiou et du black-rot.

Il a montré enfin que, dans la pratique, les pulvérisations sur l'une ou l'autre face des feuilles n'ont fourni aucune différence au point de vue de la protection de la plante.

Appliquant à la maladie du piétin du blé les mêmes méthodes d'observation qui ont fourni des résultats si importants dans l'étude du black-rot et du mildiou, M. Capus suit l'évolution du parasite dans les gaines successives du plant de blé et il montre que lorsque ces gaines, déjà envahies, se dessèchent prématurément, la maladie ralentit son action destructive. C'est ainsi qu'il est amené à recommander, pour le traitement du piétin, l'emploi de l'acide sulfurique préconisé par M. Rabaté pour la destruction des mauvaises herbes. L'acide sulfurique agit alors non comme un antiseptique, mais il brûle les gaines déjà envahies, amène leur dessiccation et par suite provoque l'arrêt de l'infection.

Toutefois ce traitement n'est efficace que s'il est précoce.

Par l'ensemble de ces travaux accomplis pendant plus de vingt ans, M. Capus a apporté des contributions nouvelles à la connaissance de l'évolution des parasites les plus redoutables et formulé des règles précises du plus haut intérêt pratique pour la protection de nos récoltes. Aussi votre

commission vous propose-t-elle, à l'unanimité, d'accorder le prix Montagne à M. **Joseph Capus**, directeur de la station de pathologie végétale de la Gironde.

En outre, elle est d'avis que vous accordiez une mention honorable à M. **Amédée Laronde**, professeur à l'École secondaire de Conflans à Charenton (Seine), pour son intéressante contribution à la géographie cryptogamique et relative à une liste de champignons récoltés en diverses régions de France et en Suisse pendant les mois d'août et de septembre.

L'Académie adopte les propositions de la commission.

PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. Guignard, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Edmond Perrier, Bouvier, le prince Bonaparte; Gaston Bonnier, rapporteur.)

M. **Jules Laurent**, Professeur à l'École de Médecine de Reims, vient d'être enlevé à la Science cette année au moment même où il mettait la dernière main à une importante et considérable publication sur la Flore et la Géographie botanique raisonnée des environs de Reims. C'est un travail de premier ordre, accompagné de nombreuses cartes et figures où sont étudiées minutieusement toutes les conditions géographiques, lithologiques climatériques et même historiques qui ont pu ou peuvent influer sur la distribution, le port et la structure des végétaux. Cette région de la Champagne ayant été dévastée par l'ennemi dans la guerre actuelle, le travail de Jules Laurent fournira un ensemble de documents précieux pour l'avenir.

L'auteur, bien connu par ses belles recherches de Physiologie végétale, avait déjà publié divers Mémoires dans le même ordre d'idées que celui dont il vient d'être question, et qui sera pieusement imprimé, publié et distribué par les soins de Madame veuve Laurent. On peut citer parmi ces travaux : *Les facteurs de la structure chez les végétaux* (1907) et *L'ancienne végétation forestière de la Champagne pouilleuse* (1913).

La commission vous propose de décerner à feu **Jules Laurent** le prix de Coincy pour l'année 1918.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX DA GAMA MACHADO.

(Commissaires : MM. Ranvier, Delage, Bouvier, Henneguy, Marchal, Grandidier, Laveran, le prince Bonaparte; Edmond Perrier, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX SAVIGNY.

(Commissaires : MM. Ranvier, Delage, Bouvier, Henneguy, Marchal, Grandidier, Laveran, le prince Bonaparte; Edmond Perrier, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX THORE.

(Commissaires : MM. Ranvier, Edmond Perrier, Delage, Henneguy, Marchal, Grandidier, Laveran, le prince Bonaparte; Bouvier, rapporteur.)

Parmi les entomologistes qui paraissent dignes du prix Thore, il n'en est pas de plus méritant que M. **Pierre Chrétien**, et quand on envisage l'œuvre extraordinaire conduite à bien par ce savant, ce qui étonne, c'est qu'elle n'ait pas reçu plus tôt la consécration qui vous est aujourd'hui proposée. Mais M. Chrétien est un modeste qui poursuit dans le silence et en pleine nature les recherches du biologiste, ses travaux sont brefs et il faut être praticien de l'entomologie pour en estimer la valeur. Or celle-ci est des plus grandes et des plus rares; dans le groupe des Lépidoptères qui est le champ d'exploration choisi par M. Chrétien, on connaît la forme adulte,

on connaît la chenille, mais très souvent, surtout en dehors des grandes espèces, on ne sait pas à *quel* adulte se rapporte la chenille et inversement; en d'autres termes, l'histoire biologique de l'espèce depuis l'œuf jusqu'au Papillon reste incomplète et mystérieuse. C'est à faire disparaître cette grave lacune que M. Chrétien a consacré sa longue et laborieuse carrière; il appartient à la catégorie des *field-naturalists*, et pour suivre les espèces dans leur milieu naturel, il passe ou a passé la moitié de son existence dans le Midi, depuis le Bas-Languedoc jusqu'aux Alpes, et dans la région algérienne; c'est aussi un maître éleveur qui sait obtenir le Papillon à partir de l'œuf, non sans avoir préalablement découvert l'aliment particulier qui convient à chaque chenille. Croirait-on qu'il a mis en lumière et déterminé la biologie complète, jusqu'alors inconnue, de 300 espèces de Lépidoptères, qu'il a élevé *ab ovo* près de 1100 espèces de ces Insectes? Quelle riche moisson de faits pour la Science comme pour la pratique, mais aussi quelle patience et quelle finesse dans l'observation! il a fallu des recherches étendues sur 10 années pour découvrir l'histoire biologique d'un charmant Nocturne, le *Cimelia margarita*, signalé par Hubner il y a plus de 100 ans dans la région méditerranéenne; il a fallu en trouver l'œuf, en connaître la chenille et, surtout, la plante hospitalière de celle-ci, l'*Euphorbia papillosa* qui pousse toujours par pieds isolés. Ces découvertes ont eu pour résultat de modifier complètement les idées qu'on avait jusqu'alors sur cette espèce; ce n'est ni une Géomètre, ni une Pyrale, ni une Noctuelle comme certains l'avaient cru, c'est le type d'une famille nouvelle, les *Cimeliidés* qui prend place dans le groupe des Bombyciens. Parmi les problèmes éclaircis par M. Chrétien, on doit citer entre autres les questions si controversées des mœurs d'un Microlépidoptère phycidien, l'*Alophia combustella*, dont la chenille se trouve exclusivement dans la galle formée sur les Lentisques par certains Pucerons du genre *Pemphigus;* cette chenille n'est pas du tout parasite comme Staudinger et d'autres l'avaient supposé, c'est un commensal qui profite de l'œuvre du Puceron en se nourrissant des parois de la cécidie.

Cette œuvre, si considérable et si importante, a reçu de la Société entomologique de France le prix Constant en 1910 et le prix Passet en 1917; elle ne mérite pas moins notre profonde estime et nous vous proposons de la couronner en attribuant le prix Thore à M. Chrétien.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON

(Commissaires : MM. Guyon, d'Arsonval, Laveran, Charles Richet, Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Henneguy ; Quénu et Roux, rapporteurs.)

La commission propose à l'Académie de décerner :

Un prix de la valeur de *deux mille cinq cents francs*, à M. le Dr **Félix Lagrange**, professeur à la Faculté de médecine de Bordeaux, directeur du service d'ophtalmologie de la 18e région, pour ses ouvrages intitulés : *Les fractures de l'orbite* ; — *Atlas d'ophtalmoscopie de guerre* ;

Un prix de la valeur de *deux mille cinq cents francs*, à MM. les Drs **L. Ombredanne**, chirurgien des hôpitaux, professeur agrégé de la Faculté de médecine de Paris, et **R. Ledoux-Lebard**, chef de laboratoire de radiologie des hôpitaux de Paris, pour leur ouvrage intitulé : *Localisation et extraction des projectiles* ;

Un prix de la valeur de *deux mille cinq cents francs*, à MM. les Drs **A. Mignon**, médecin inspecteur général, directeur de l'Ecole d'application du Val-de-Grâce, **Henry Billet** et **Henri Martin**, médecins-majors de 2e classe, pour leur ouvrage intitulé : *La pratique chirurgicale dans la zone de l'avant* ;

Une mention avec une somme de *quinze cents francs*, à MM. les Drs **André Chalier**, chirurgien chef de secteur à Dinard, et **Joseph Chalier**, médecin du quartier général de la 7e armée, tous deux anciens chefs de clinique à la Faculté de médecine de Lyon, pour leur ouvrage intitulé : *La gangrène gazeuse* ;

Une mention avec une somme de *quinze cents francs*, à M. le Dr **Alfred Khoury**, chef de clinique à l'Hôtel-Dieu, pour ses recherches sur la distomatose bucco-pharyngée et sur le vomissement dans les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes ;

Une mention avec une somme de *quinze cents francs*, à M. le Dr **E.**

Velter, médecin aide-major de 1re classe, chef d'un service d'ophtalmologie, pour son ouvrage intitulé : *Plaies pénétrantes du crâne par projectiles de guerre ;*

Une citation à M. **Henri Velu**, vétérinaire aide-major de 1re classe, chef du laboratoire de recherches du service de l'élevage du Maroc à Casablanca, pour son mémoire intitulé : *Recherches sur la lymphangite épizootique et sur son traitement sur la pyothérapie.*

Rapport de M. Quénu *sur les ouvrages de M. le D^r^* **Félix Lagrange.**

M. le professeur **Lagrange** (de Bordeaux) présente deux ouvrages pour le prix Montyon : l'un est un atlas d'ophtalmoscopie de guerre avec 100 figures, l'autre est une monographie sur les fractures de l'orbite par projectiles de guerre, basée sur plus de 600 observations personnelles avec 83 figures. M. Lagrange a étudié dans ce volume non seulement les lésions orbitaires, mais aussi celles du contenu de l'orbite et spécialement celles du globe oculaire. Il s'est étendu spécialement sur les lésions d'ébranlement qui, même lorsque l'œil n'est pas touché, se produisent au niveau de la macule et autour d'elle en amenant des conséquences très graves; elles sont visibles à l'ophtalmoscope sous forme d'hémorragies ou de déchirures parfois choroïdiennes, parfois choroïdorétiniennes, l'acuité visuelle d'un sujet dont l'œil paraît absolument intact peut être ainsi très abaissée. M. Lagrange a cherché à établir qu'il existe, entre la production des ces divers désordres et la façon dont le projectile a intéressé l'orbite, des relations constantes qu'il énumère sous forme de lois.

Directeur du service central d'ophtalmologie de la 18e région, M. **Lagrange** a eu devant lui un vaste champ d'observation, il en a tiré un excellent parti et ses deux publications importantes nous paraissent dignes d'un prix.

Rapport de M. Quénu, *sur l'ouvrage de MM.* **L. Ombredanne**
et **R. Ledoux-Lebard.**

MM. **Ombredanne** et **Ledoux-Lebard** présentent un volume intitulé : *Localisation et extraction des projectiles.*

La première partie de l'ouvrage est consacrée à la description du matériel radiologique. Les auteurs exposent d'une façon très claire les données élémentaires qui permettent de comprendre les conditions dans

lesquelles se produisent les rayons X, ils décrivent les propriétés principales de ces rayons et leurs applications à la radiographie et à la radioscopie, puis à la recherche des corps étrangers, dans l'espèce les projectiles de guerre.

Un chapitre très important est consacré à la localisation des projectiles aux différentes méthodes de localisation puis aux nombreux procédés qui en découlent. Le livre devient plus chirurgical à partir du chapitre intitulé : « La localisation anatomique », il est plus important de savoir dans quel organe se trouve le projectile que d'être fixé sur le nombre de centimètres qui le séparent de la peau. Nous arrivons à la partie essentielle : « Les procédés d'extraction » que les auteurs divisent en procédés de fortune, procédés de précision et procédés de certitude, ceux-ci consistent à extraire le projectile sous l'écran. Ombrédanne et Ledoux-Lebard, chacun dans leur sphère, ont apporté une large contribution à la méthode de l'extraction sous l'écran.

Ils préconisent l'extraction à l'aide du contrôle intermittent, ils n'ont pas inventé cette technique, mais ils en ont précisé les détails, ils ont recommandé que l'acte chirurgical n'évolue que pendant la période où l'émission des rayons est suspendue, les mains du chirurgien devant être avant tout sauvegardées.

Les indications opératoires et le mode d'accès varient suivant la région. Un chapitre est consacré à la recherche des projectiles par les méthodes non radiologiques.

MM. **Ombredanne** et **Ledoux-Lebard** ont contribué à répandre et à faire adopter, en la perfectionnant, la méthode d'extraction des projectiles à l'aide du contrôle intermittent; ils ont rendu incontestablement service à des milliers de blessés et apporté leur bonne contribution à la chirurgie de guerre.

Leur ouvrage est digne d'un prix.

Rapport de M. Quénu *sur l'ouvrage de MM.* **Mignon**, **Billet** *et* **Henri Martin**.

Ce petit livre intitulé : *La pratique chirurgicale dans la zone de l'avant*, contient les leçons professées sous la direction de M. l'inspecteur général **Mignon** dans la 3e armée, il est illustré de 118 figures photographiques dont un grand nombre représentent des pièces originales : fracture des membres, fractures du crâne, etc. Une leçon sur les liaisons des diaphyses des os longs renferme de nombreux documents originaux; il en est de même pour deux

leçons sur les plaies articulaires et sur les lésions du crâne et de l'encéphale.

Ces leçons sont précédées d'une sorte d'introduction sur la chirurgie de guerre en général; elle renferme des vues intéressantes sur l'organisation du service de santé dans la zone de l'avant, sur le transport et l'évacuation des blessés et aussi sur l'organisation de postes chirurgicaux avancés dont M. **Mignon** a eu le mérite de créer le premier type dans l'Argonne en 1915.

Rapport de M. Quénu *sur l'ouvrage de MM.* **André** *et* **Joseph Chalier.**

La gangrène gazeuse par MM. **André** et **Joseph Chalier** renferme 108 observations originales et il est illustré de 52 gravures. C'est une excellente étude clinique de cette complication terrible des plaies, mais ni l'anatomie pathologique, ni la bactériologie ne sont négligées.

Cette étude est digne d'un encouragement.

Rapport de M. Roux *sur les travaux de M.* **Khoury.**

Trois mémoires ont été adressés par M. le **Dr Alf. Khoury** au concours du prix Montyon.

Le premier traite de la distomatose bucco-pharyngée, accident que l'on observe en Syrie et au Liban à la suite de l'ingestion de foie *cru* de chevreau. Dans ces pays, le foie des chevreaux renferme souvent des douves, les jeunes vers se fixent sur la muqueuse de la bouche ou du pharynx de ceux qui mangent le foie non cuit et déterminent des accidents presque immédiats et impressionnants dus au gonflement de la muqueuse et à l'œdème envahissant. La mort rapide, par asphyxie, peut survenir. Le plus souvent les symptômes se calment et le malade se rétablit promptement si des abcès du conduit auditif et de l'apophyse mastoïde n'apparaissent pas comme complications.

M. Khoury a eu le grand mérite de montrer, dès 1905, que cette singulière affection est causée par les jeunes douves, trop petites pour être aperçues. Il reproduit la maladie sur les lapins et a mis hors de doute l'explication qu'il en donne. Le meilleur traitement consiste dans l'administration d'un vomitif qui provoque l'expulsion des vers.

Les deux autres mémoires de M. **Khoury** traitent des vomissements dus à l'insuffisance surrénale au cours de la fièvre typhoïde. Ils contiennent des observations de vomissements incoercibles survenus chez des typhoïdiques

et guéris par des injections ménagées d'adrénaline. Ces vomissements ne doivent pas être confondus avec ceux qui annoncent la péritonite ou les lésions ulcéreuses de l'estomae pendant la fièvre typhoïde.

Rapport de M. Quénu *sur l'ouvrage de M.* **E. Velter.**

M. **Velter** a publié un livre intitulé : *Plaies pénétrantes du crâne par projectiles de guerre*. C'est une excellente contribution à l'étude des plaies de guerre, c'est un bon travail basé sur 84 observations personnelles avec 182 figures dans lequel sont étudiés les symptômes, les indications et le traitement opératoire des plaies de guerre du crâne. M. Velter a pu retrouver 46 de ses opérés et nous renseigner à leur sujet sur les résultats relativement éloignés. Nous n'avons pas remarqué dans cette étude de faits essentiellement nouveaux, il nous paraît néanmoins digne d'un encouragement.

L'Académie adopte les diverses propositions de la commission.

PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. Guyon, d'Arsonval, Laveran, Charles Richet, Quénu, Armand Gautier, Edmond Perrier, Roux, Henneguy; Guignard, rapporteur.)

L'ouvrage publié par MM. **L. Bruntz**, docteur en médecine, professeur et directeur de l'Ecole de pharmacie de Nancy, et **Marcel Jaloux**, docteur en pharmacie de l'Université de Nancy, sous le titre de *Plantes officinales et Plantes à drogues médicamenteuses*, représente l'inventaire des diverses espèces végétales qui ont figuré ou figurent encore dans les pharmacopées françaises ou étrangères, depuis l'apparition de ces formulaires officiels.

Parmi les plantes qui ont été utilisées par l'art de guérir ou préconisées comme remèdes populaires, un grand nombre doivent leurs propriétés à des principes spéciaux dont l'existence a été reconnue, mais beaucoup d'autres n'ont pas encore livré le secret de leur action thérapeutique. A quel critérium fallait-il donc s'adresser pour dresser une liste des espèces pouvant être considérées comme médicamenteuses?

Pour des raisons faciles à comprendre, les auteurs ont résolu d'avoir

recours aux formulaires légaux publiés, à partir du commencement du XIXe siècle, dans les principaux pays. Il est de tradition, en effet, de ne mentionner dans ces formulaires que des substances dont l'utilité et l'efficacité médicamenteuses ont été prouvées par un long usage.

Toutefois, dans une étude de ce genre, il n'était pas sans intérêt de remonter aux époques antérieures et de passer en revue les principaux ouvrages de même nature qui ont vu le jour dans les différents pays. Cette revue historique a permis à MM. Bruntz et Jaloux d'écrire un chapitre très intéressant par la richesse et la précision des documents qu'il renferme.

Pour établir ensuite la partie principale de leur ouvrage, il leur a fallu rechercher dans les différentes pharmacopées toutes les plantes intéressant la matière médicale et, par suite, compulser toutes les éditions de ces formulaires officiels, au nombre de 112, qui ont été publiés dans 26 pays de l'ancien et du nouveau monde. Rassembler tous ces ouvrages, surtout en temps de guerre, n'était pas chose facile. Une autre difficulté résultait de la synonymie des noms botaniques, la même plante ayant été souvent désignée sous des noms différents dans la pharmacopée d'un même pays, ainsi que dans les pharmacopées des diverses nations. La table des espèces relevées dans l'ensemble de ces ouvrages ne comprend pas moins de 5000 noms. Ces derniers sont accompagnés des synonymes sous lesquels elles ont été désignées dans les divers formulaires, et les auteurs y ont ajouté, quand il y avait lieu, les noms français et indigènes sous lesquels elles sont généralement connues.

Ce long et méticuleux travail, exécuté avec soin, constitue, en somme, une œuvre documentaire dont l'utilité ne saurait être contestée.

La commission propose à l'Académie d'attribuer à MM. **Bruntz** et **Jaloux** le prix Barbier.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. Guyon, d'Arsonval, Charles Richet, Quénu, Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Henneguy; Laveran et Roux, rapporteurs.)

La commission propose d'attribuer sur les arrérages du prix Bréant :

Une somme de *deux mille francs*, avec le titre de lauréat, à M. le D[r] **Jean**

Pignot, ex-interne des hôpitaux de Paris, aide-major de 1re classe pour son ouvrage intitulé : *Contribution à l'étude clinique et expérimentale de la maladie de Heine-Medin*, et son mémoire intitulé : *Etude de quelques syndromes méningés au cours de maladies infectieuses;*

Une somme de *quinze cents francs*, à titre d'encouragement, à M. le Dr **Maurice Lœper**, professeur agrégé de la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux de Paris, chef du secteur médical de Troyes, pour son ouvrage intitulé : *Etudes sur la pathologie du soldat* (1916-1917);

Une somme de *mille francs*, à titre d'encouragement, à M. **Julien Dumas**, préparateur à l'Institut Pasteur, aide-major attaché au laboratoire central des armées, pour son mémoire intitulé : *Les dysenteries des armées en campagne* (1915-1917).

Rapport de M. Roux *sur les travaux de M.* **Pignot**.

M. le Dr **Pignot** a présenté un ouvrage intitulé : *Contribution à l'étude clinique et expérimentale de la maladie de Hein-Medin*, auquel il a joint un travail manuscrit accompli pendant la durée de la guerre *Sur les réactions méningées dans les maladies infectieuses*.

Jusqu'à M. Pignot le virus qui avait servi aux études de M. Levaditi et N. Netter sur la poliomyélite expérimentale provenait soit d'Autriche, soit d'Amérique. M. Pignot a montré que le virus de la paralysie infantile, observée en France et provenant de cas sporadiques, était moins actif que le virus étranger provenant de véritables épidémies de poliomyélites. Cette variation de virulence explique les diverses manifestations de la maladie de Hein-Medin qui sont parfois assez atténuées pour être difficiles à reconnaître. M. Pignot signale plusieurs malades chez qui tout s'est borné à des symptômes méningés sans paralysie. Il a prouvé qu'ils étaient atteints de la maladie de Hein-Medin en mettant en évidence l'action neutralisante de leur sérum sur le virus de la paralysie infantile. Ce procédé permet un diagnostic rétrospectif après plusieurs mois.

L'auteur regarde comme très caractéristique de la poliomyélite la présence dans le liquide céphalo-rachidien, parmi les lymphocytes, de grosses cellules qu'il considère comme des macrophages ayant englobé des lymphocytes altérés.

Un chapitre traite de la dégénérescence des neurones dans la paralysie infantile; pour M. Pignot la neurophagie si contestée est parfaitement réelle.

Dans le travail manuscrit annexé à son ouvrage imprimé, le Dr **Pignot** résume les observations qu'il a recueillies dans le service qui lui a été confié dans la zone des armées et sur lequel étaient dirigés les soldats présentant des symptômes méningés. Il montre le parti qu'on peut tirer pour le diagnostic du dosage de la glucose dans le liquide céphalo-rachidien. La disparition de ce sucre est l'indice d'une méningite cérébro-spinale à méningocoques.

Rapport de M. Laveran *sur l'ouvrage de M.* **Lœper.**

Une somme de *quinze cents francs*, prise sur les arrérages du prix Bréant, a été attribuée à titre d'encouragement à M. le Dr **M. Lœper** pour son ouvrage intitulé : *Etudes sur la pathologie du soldat.* Parmi les chapitres de cet ouvrage, celui qui traite des glandes surrénales en pathologie de guerre est le plus original. L'auteur décrit le surmenage surrénal du soldat, la dyspepsie surrénale, les surrénalites toxiques et infectieuses; il attribue un rôle à la réaction surrénale dans les accidents qui se développent quelquefois à la suite de la vaccination antityphoïdique. Dans tous ces cas l'emploi de l'adrénaline a donné au Dr **Lœper** d'excellents résultats.

Rapport de M. Laveran *sur le mémoire de M.* **J. Dumas.**

Une somme de *mille francs*, prise sur les arrérages du prix Bréant, a été attribuée, à titre d'encouragement, à M. **J. Dumas** pour son ouvrage manuscrit intitulé : *Les dysenteries des armées en campagne.* L'auteur qui, au cours de la guerre actuelle, a eu fréquemment l'occasion d'observer des dysentériques parmi nos soldats, notamment en Argonne, donne de très exactes descriptions de la dysenterie bacillaire et de la dysenterie amibienne.

L'Académie adopte les propositions de la commission.

PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. Guyon, d'Arsonval, Laveran, Charles Richet, Quénu, Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Henneguy.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX MÈGE.

(Commissaires : MM. Guyon, d'Arsonval, Laveran, Charles Richet, Quénu, Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Henneguy.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. Guyon, d'Arsonval, Laveran, Quénu, Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Henneguy; Charles Richet, rapporteur.)

Trois ouvrages ou mémoires ont été présentés pour le prix Bellion.

Nous vous proposons d'accorder à chacun des ces auteurs un encouragement de 500^{fr} : car chacun des trois auteurs a fait œuvre utile, mais d'originalité insuffisante pour mériter isolément le prix Bellion.

Mlle le Dr **Josefa Ioteyko**, connue du public savant par d'importants travaux, d'une belle persévérance, poursuivis à l'Institut psycho-physiologique de Bruxelles, sur la fatigue et le travail musculaire, a résumé ses recherches dans un petit livre très instructif : *La science du travail et son organisation*. Ouvrage utile à lire et bon à méditer pour l'appréciation du meilleur rendement à donner au moteur humain. Le dernier chapitre fournit des indications précieuses, qu'on trouverait difficilement ailleurs, sur les méthodes belges de l'enseignement technique et sur l'*Université du travail*.

M. **R. Legendre**, attaché au laboratoire de physiologie du Muséum d'histoire naturelle, présente quelques notices courtes, mais très substantielles, sur trois questions de haute importance, pour chacune desquelles il a apporté une contribution utile : 1° Rôle de l'oxygène dans l'intoxication par l'oxyde de carbone et traitement des intoxiqués (après éclatement d'obus) par l'oxygène. 2° Les meilleures méthodes (envisagées à un point de vue pratique, de manière à pouvoir être utilisées au front) de respiration artificielle. 3° Etudes sur la fabrication du pain, amélioration du pain de guerre par neutralisation (avec la chaux) des ferments du

son. M. Legendre a d'ailleurs, depuis 1916, au Muséum national d'histoire naturelle, adressé une série de notes intéressantes sur la protection contre les gaz asphyxiants. Elles sont naturellement inédites, mais nous savons que certaines d'entre elles, importantes, ont été très utiles à la protection de nos soldats.

M. le Dr **B. Roussy**, directeur adjoint à l'Ecole pratique des hautes études au Collège de France, présente un livre important intitulé : *Éducation domestique de la femme et rénovation sociale*. Ce livre, où circule un courant de justes idées, parfois un peu chimériques, sur l'alcoolisme, l'abaissement de la natalité, les réformes morales nécessaires, est d'une inspiration généreuse.

L'Académie adopte les propositions de la commission.

PRIX DU BARON LARREY.

(Commissaires : MM. Guyon, d'Arsonval, Laveran, Charles Richet, Quénu, Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Henneguy; Roux, rapporteur.)

La commission propose de ne pas décerner le prix, et d'accorder une récompense de la valeur de *cinq cents francs* à M. le D[r] **A. Rochaix**, chargé de cours à la Faculté de médecine de Lyon, pour ses recherches relatives à la contamination bactériologique des eaux de boisson.

M. le D[r] **A. Rochaix**, actuellement médecin-major, chef du laboratoire central de la 14[e] région, présente pour le concours du prix Larrey une série de Notes sur la *Recherche rapide de la contamination des eaux de boisson*.

Le moyen le plus employé pour se rendre compte de la contamination d'une eau par des microbes d'origine fécale consiste à rechercher dans cette eau le *Bacterium Coli*. Pour obtenir ce résultat, M. Rochaix a recours à l'ensemencement de l'eau dans du bouillon teinté par le rouge neutre. Lorsque le *B. Coli* croît dans ce milieu, la teinte rouge est remplacée par une fluorescence verte, puis par une teinte jaune canari qui enfin vire au jaune rougeâtre. La production de ces diverses teintes est due à l'action réductrice de la bactérie sur la couleur, d'où la fluorescence verte, et aussi à l'alcalinité qu'elle développe, alcalinité attestée par la teinte jaune canari.

M. Rochaix, après avoir examiné, à diverses températuress, l'action d'un certain nombre de bactéries sur le milieu au rouge neutre, emploie celui-ci non pas pour mettre en évidence le seul *B. Coli*, mais tout un groupe de microbes provenant des matières fécales et des purins et qui font virer le rouge neutre. Il résulte de ses recherches un procédé qui, en moins de 48 heures, décèle la présence de bactéries d'origine fécale dans les eaux et renseigne sur leur contamination. M. **Rochaix** fait ressortir avec raison l'utilité d'un pareil procédé pour les laboratoires des armées en campagne.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Henneguy, Charles Richet; Edmond Perrier, rapporteur.)

Le Dr **Stéphen Chauvet**, ancien interne (médaille d'or) des hôpitaux de Paris, a consacré un volume de 332 pages à l'étude de l'Infantilisme hypophysaire. Il avait d'abord à définir ce qu'il faut entendre par *l'infantilisme* et à dégager nettement les caractères qui le distinguent des caractères normaux de *l'enfance*, de manière à bien établir à quel moment on peut le considérer comme établi. Cela fait, il fallait rechercher si le mot ne s'appliquait pas à des états morbides différents. Il distingue ainsi jusqu'à huit formes de déviation du type normal ayant chacune leur caractère propre et leurs causes particulières, l'infantilisme pouvant d'ailleurs se superposer soit au nanisme soit à l'acromégalie, soit au gigantisme proprement dit. Il est ainsi conduit à caractériser l'infantilisme qui reconnaît pour cause une altération de l'hypophyse confirmée par des observations histologiques *post mortem :* Des recherches expérimentales ont confirmé les conclusions qu'il a tirées de la clinique. Une bibliographie fort complète termine ce beau mémoire qui mérite certainement une récompense.

La commission propose de décerner à M. **Stéphen Chauvet** le prix Montyon de physiologie expérimentale.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Edmond Perrier, Roux, Laveran, Henneguy, Charles Richet; d'Arsonval, rapporteur.)

La commission propose de décerner le prix à MM. **Henry Cardot**, chef adjoint de laboratoire à la Faculté de médecine de Paris, et le Dr **Henri Laugier**, pour leurs travaux sur l'excitation électrique des nerfs.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Edmond Perrier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Henneguy; Charles Richet, rapporteur.)

M. **Raphael Dubois**, depuis plus de quarante ans, enseigne la physiologie avec éclat et originalité.

Il a fourni de nombreux travaux sur maintes questions importantes : sur la toxicité des alcools, la fonction de déshydratation des tissus, l'hibernation de la marmotte; toutes recherches qui ont un remarquable caractère de précision et d'ingéniosité et assignent à M. Raphaël Dubois une place éminente parmi les physiologistes contemporains.

Mais son œuvre principale, c'est l'étude de la fonction photogénique dans les êtres vivants. Toute l'histoire de la biophotogenèse a été remaniée, étendue et fondamentalement enrichie par lui. Il a découvert ce fait de majeure importance que la fonction lumineuse est due à une zymase, ferment soluble, qu'on peut préparer, et qui reproduit *in vitro* les phénomènes lumineux que présentent les animaux vivants.

A l'unanimité, la commission propose de décerner le prix à M. **Raphael Dubois**, professeur à la Faculté des sciences de Lyon, pour l'ensemble de ses travaux.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

PRIX POURAT.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Henneguy, Charles Richet; Edmond Perrier, rapporteur.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante :

Étude expérimentale de quelques-unes des conditions qui font varier la quantité d'eau des différents tissus.

Aucun mémoire n'a été déposé.

Le prix n'est pas décerné et la question est maintenue au concours pour l'année 1919.

PRIX MARTIN-DAMOURETTE.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Henneguy, Charles Richet; Edmond Perrier, rapporteur.)

La commission propose d'attribuer le prix à M. le Dr **Gérard de Parrel**, ancien chef de clinique à l'Institution nationale des sourds-muets de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Précis d'anacousie vocale et de labiologie.*

Par le mot *anacousie vocale*, M. de Parrel entend l'art de restaurer dans une certaine mesure la fonction auditive chez les sourds congénitaux ou accidentels en usant de sons artificiels ou de la voix humaine; la labiologie étant celui de lire sur les lèvres les sons constituant la parole. Depuis la guerre le nombre des mutilés de l'ouïe s'est accru dans les plus grandes proportions. Soit par suite de blessures à la tête, soit par suite de la brutalité de certaines explosions; il était de la plus haute importance de rechercher tous les moyens soit de guérir ou d'atténuer leur infirmité, soit d'y suppléer. M. de Parrel a été chef de clinique à l'Institution nationale des sourds-muets où, sous l'impulsion éclairée et active de son directeur, M. Collignon et grâce à l'habileté de M. Marichelle, de nombreux progrès rationnels ont été faits pour l'enseignement de ces malheureux, dans ces derniers temps. M. de Parrel, praticien distingué, a mis lui-même à l'essai toutes les méthodes de rééducation et de suppléance qui ont été préconisées; il les expose dans son Précis, accompagné de figures très démonstratives;

il en fait l'historique et la critique de la façon la plus suggestive et indique quels résultats on peut en attendre, quel perfectionnement on peut y apporter. Son livre très complet, contenant de nombreuses vues intéressantes, est destiné à rendre de grands services non seulement dans les circonstances actuelles, mais en temps normaux. Basé sur une connaissance approfondie de la physiologie de l'appareil auditif et de tous les progrès dus aux persévérantes, récentes et précises recherches de M. Marichelle sur le mode de fonctionnement de l'appareil vocal, il l'applique de la façon la plus habile à la thérapeutique de la surdité. Il rentre, par conséquent, de la façon la plus complète dans les conditions du prix Martin-Damourette et le mérite à tous égards.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

PRIX PHILIPEAUX.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Edmond Perrier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Charles Richet; Henneguy, rapporteur.)

L'application de la force centrifuge a déjà été faite par plusieurs expérimentateurs à l'étude du développement de l'œuf et de l'embryon de quelques animaux. Cette force détermine une modification des rapports des divers éléments constitutifs de l'œuf, protoplasma, noyau, substances de réserve, qui permet, dans certains cas, de déterminer le rôle de ces éléments. M. **Hugues Clément**, docteur ès sciences, préparateur à l'Université de Lyon, a étudié l'action de la centrifugation sur les cellules et les êtres vivants.

Le facteur temps joue un rôle important dans l'étude des manifestations provoquées par la force centrifuge. En général, les organismes ne résistent qu'à une centrifugation de courte durée et de force moyenne.

La centrifugation augmente considérablement l'intensité du passage des solutions à travers les membranes naturelles ou artificielles; elle enlève plus ou moins d'eau aux gels, mais ne change pas la densité des sols. Dans les cellules, elle détermine le passage à travers la membrane, non seulement de l'eau, mais aussi des éléments minéraux et organiques (sels, sucres, ferments). Le protoplasma, le noyau, les vacuolides sont entraînés d'autant plus vite que la cellule est plus hydratée. Les graines et les œufs centrifugés perdent de leur poids. Les graines présentent une germination accélérée

après une centrifugation de 24 à 48 heures; mais, si celle-ci se prolonge plusieurs jours, la germination est retardée : les œufs de vers à soie centrifugés donnent un pourcentage d'éclosions supérieur à la normale. Ceux qui proviennent de papillons centrifugés donnent plus de mâles que de femelles. Les chrysalides de vers à soie, soumises à la force centrifuge, perdent une grande quantité de liquide contenant des albumines et des oxydases. Elles peuvent donner des papillons ratatinés qui meurent deux ou trois jours après. Les Insectes adultes, mouches, moustiques, hannetons, fourmis, ne sont pas incommodés par des vitesses de 2000 à 3000 tours par minute. Les êtres aquatiques, infusoires, poissons, etc., centrifugés dans leur milieu, ne présentent pas de troubles appréciables.

La complexité des troubles imputables à la centrifugation augmente à mesure qu'on expérimente sur des animaux de plus en plus supérieurs. Chez les vertébrés, l'orientation du sujet dans l'appareil exerce une influence considérable sur les accidents observés. Les sujets à tête centrale, dirigée vers le centre de rotation, sont bien plus affectés que les sujets à tête périphérique. Les grenouilles à tête périphérique remises dans l'eau, après centrifugation d'une heure à 500 tours par minute, ou de 20 minutes à 1300 tours, présentent des mouvements giratoires de sens inverse à celui de la centrifugeuse. Les grenouilles à tête centrale, dans les mêmes conditions, restent immobiles, comme curarisées. Dans les deux sortes de grenouilles on constate une augmentation du nombre des hématies par suite de la concentration du sang. Centrifugées pendant plusieurs jours, les grenouilles, conservées même en milieu humide, se dessèchent rapidement, ayant perdu une grande quantité de liquide.

Les expériences faites sur des mammifères, chats, lapins, ont donné des résultats analogues à ceux observés précédemment par d'autres physiologistes : augmentation de la pression sanguine, accélération de la respiration avec dyspnée, troubles nerveux moteurs.

La force centrifuge modifie profondément la forme des cultures microbiennes. Avec des vitesses de 300 à 400 tours, on obtient des colonies développées non plus en surface, mais en profondeur. Les espèces traitées diminuent de taille pendant quelques générations pour revenir ensuite à leur état normal. La centrifugation exerce son action non seulement sur les microbes, mais aussi sur leurs sécrétions; des produits sont sans doute entraînés rendant les couches profondes plus actives que les superficielles; ces dernières gardent cependant un certain pouvoir. Peut-être serait-ce là un procédé d'atténuation des virulences.

Pour les graines en germination, celles dont la racine est tournée vers la périphérie présentent un accroissement marqué du système souterrain par rapport au système aérien.

De ces expériences, en se basant sur ces faits : 1° que les organismes peu hydratés ne sont pas atteints par la force centrifuge, tandis que ceux qui renferment un fort pourcentage d'eau sont profondément modifiés ; 2° que les êtres aquatiques centrifugés dans leur élément ne sont pas troublés ; que l'hyperconcentration du sang, l'augmentation des principes cellulaires indiquent des humeurs diminuées, M. Clément tire cette conclusion que la centrifugation agit par la pression exercée sur les organes, mais surtout par déshydratation, par essorage progressif du protoplasma. La centrifugation produirait, à ce point de vue, une action comparable à celle des anesthésiques généraux qui déshydratent les tissus, ainsi qu'il résulte des recherches de M. Raphaël Dubois.

La commission propose d'attribuer le prix Philipeaux à M. **Clément**.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

PRIX FANNY EMDEN.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Henneguy, Charles Richet; Edmond Perrier, rapporteur.)

Par une dérogation au règlement de la fondation faite avec le plein assentiment de la donatrice, Mlle Juliette de Reinach, le prix n'est pas décerné et les arrérages sont attribués à Mme Vve **Albert Dastre**, en mémoire de son mari, membre de l'Académie, mort des suites d'un accident survenu sur la voie publique et causé par un véhicule automobile militaire.

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. de Freycinet, Haton de la Goupillière, Carnot, Violle, le prince Bonaparte, Tisserand ; Émile Picard, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Grandidier, Appell, Edmond Perrier, Bouvier, Bigourdan, de Launay; Émile Picard et Georges Lemoine, rapporteurs.)

La commission propose à l'Académie d'attribuer le prix à M. **Maurice Delacre**, membre de l'Académie royale de Belgique, professeur à l'Université de Gand, pour son ouvrage manuscrit intitulé : *Histoire de la chimie.*

Cet ouvrage a été transmis à la commission, par la section de chimie, avec le rapport suivant, rédigé par M. Georges Lemoine :

« MM. les Secrétaires perpétuels ont, le 21 mars 1918, renvoyé à l'examen de la section de chimie un ouvrage manuscrit de M. **Delacre**, professeur à l'Université de Gand, qui est intitulé : *Histoire de la chimie*, et que l'auteur, actuellement retenu à Bruxelles [1] par suite de l'occupation allemande, « voudrait voir publier dès maintenant en France ».

[1] Postérieurememt à la rédaction de ce rapport, M. Maurice Delacre est parvenu à franchir la frontière encore fermée par l'ennemi et à gagner la France.

« Cet ouvrage de haute vulgarisation offre un réel intérêt à plusieurs points de vue : il est attrayant par les détails qu'il donne sur le développement progressif de la chimie, par la biographie des princidaux savants, par l'exposé des controverses relatives aux théories successives de la chimie organique. A tous ces égards, sa lecture est vraiment attachante pour les chimistes. Nous avons remarqué avec plaisir la justice qui y est rendue à Lavoisier, à Dumas, à Gerhardt, à Wurtz, mais nous regrettons le peu de cas qu'il semble faire des travaux de Berthelot, et l'oubli des recherches historiques de Duhem.

« L'auteur déclare n'avoir voulu ménager personne, avoir de l'aversion pour les théories et vouloir le réalisme prôné, dit-il, par Claude Bernard, par Pasteur, par Henri Sainte-Claire Deville.

« L'ouvrage est consacré surtout à la chimie organique, ce qui correspond, comme le dit M. Delacre, à la nature de l'enseignement dont il est chargé depuis une vingtaine d'années à l'Université de Gand.

« La chimie minérale, à partir de 1820 environ (période dite de Dumas), est presque entièrement négligée. La chimie physique, à l'exception des expériences genérales de Henri Sainte-Claire Deville, est à peu près inexistante. L'analyse spectrale n'est pas même mentionnée.

« La cause principale de ces différentes omissions est sans doute que l'auteur, ainsi qu'il le déclare expressément dans sa préface, a arrêté à l'année 1860 l'exposé du développement progressif de la chimie. Il pourra peut-être, au moment de l'impression, compléter son travail déjà si considérable en comblant quelques lacunes.

« Malgré ces critiques, l'ouvrage de M. **Delacre** mérite d'être connu du public savant. Comme conclusion de cet examen la section de chimie le recommande donc à la commission chargée de décerner le prix Binoux, affecté à un travail sur l'histoire ou la philosophie des sciences. »

L'Académie adopte la proposition de la commission.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE BERTHELOT.

(Commissaires : MM. Painlevé, Guignard, Émile Picard; A. Lacroix, rapporteur.)

La médaille Berthelot est décernée à :

M. **André Labat**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres ;
M. **Marcel Guichard**, lauréat du prix Houzeau.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX BORDIN.

(Commissaires : MM. Lippmann, Armand Gautier, Lemoine, Haller, Le Chatelier, Moureu; Violle, rapporteur.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante :

Étudier les effets de la pression sur les combinaisons chimiques en général et, en particulier, sur celles qui sont susceptibles d'une application pratique.

Aucun candidat ne s'est présenté.
La commission propose de proroger le concours à l'année 1919.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

PRIX ESTRADE DELCROS.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Haller, Douvillé; A. Lacroix, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné; son attribution est renvoyée à l'année prochaine.

PRIX LE CONTE.

(Commissaires : MM. Painlevé, Guignard, Émile Picard; Lippmann, Appell, Sebert, Haller, Douvillé, Mangin, Quénu; A. Lacroix, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX HOULLEVIGUE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Lippmann, Émile Picard, Appell, Deslandres, Bigourdan; Violle, rapporteur.)

Un prix de *deux mille cinq cents francs* est décerné à feu le commandant **Camille Tissot**, pour l'ensemble de ses travaux.

PRIX PARKIN.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, d'Arsonval, Laveran, Maquenne, Charles Richet, Quénu; Roux, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX SAINTOUR.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Guignard, Roux, Bouvier, A. Lacroix, Termier; Edmond Perrier, rapporteur.)

Le prix est décerné à M. **René Koehler**, professeur à la Faculté des sciences de Lyon, pour l'ensemble de ses travaux de zoologie.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

OUVRAGES DE SCIENCES.

(Commissaires : MM. Painlevé, Guignard, A. Lacroix, Paul Appell, Carnot; Armand Gautier et Emile Picard, rapporteurs.)

La commission propose à l'Académie de décerner :

Un prix de la valeur de *quinze cents francs* au sous-lieutenant **R. Devillers**, attaché à la section technique de l'aéronautique militaire, pour son ouvrage intitulé : *La dynamique de l'avion;*

Un prix de la valeur de *mille francs* à M. **Hector Pécheux**, sous-directeur de l'Ecole nationale des arts et métiers de Lille, pour son ouvrage intitulé : *Précis de métallurgie.*

Rapport de M. Émile Picard *sur l'ouvrage de M.* **R. Devillers**, *intitulé :* La dynamique de l'avion.

L'attention est en ce moment portée particulièrement sur l'aviation, qui joue un si grand rôle dans la guerre actuelle. De savants ouvrages ont été publiés sur ce sujet, accessibles seulement à un petit nombre de lecteurs. D'autres ont un caractère plus élémentaire et ont surtout pour objet de faire comprendre à un public étendu, possédant des connaissances mathématiques restreintes, les lois générales de la dynamique de l'aviation. Parmi les ouvrages de cette catégorie, récemment publiés, nous avons particulièrement remarqué le livre du sous-lieutenant **R. Devillers**, intitulé : *La dynamique de l'avion.*

M. Devillers fait preuve de connaissances théoriques étendues et témoigne en même temps d'un long contact avec la pratique. Il traite d'abord des différents régimes de marche et discute l'influence de l'altitude. Les virages horizontaux et la descente planée circulaire sont ensuite étudiés avec soin. On doit encore signaler d'intéressants chapitres sur l'action du vent et sur la stabilité. L'auteur ne craint pas d'aborder en terminant le problème délicat de l'influence de l'altitude sur la consommation du moteur.

L'ouvrage précédent est un excellent livre de vulgarisation, rentrant très bien dans les conditions du prix de Parville. Les raisonnements y sont, en

général, simples et faciles à suivre, et dans maints détails l'auteur apporte une note personnelle.

Rapport de M. ARMAND GAUTIER *sur l'ouvrage de M.* **HECTOR PÉCHEUX** *intitulé :* Précis de métallurgie.

La commission propose d'accorder à M. **H. PÉCHEUX**, docteur ès sciences, sous-directeur de l'École nationale des arts et métiers de Lille, une part du prix Parville pour ses travaux personnels sur les métaux et leurs alliages, et, d'une façon générale, pour ses ouvrages de vulgarisation scientifique.

Parmi ceux-ci, nous citerons ses livres sur les couleurs et la teinture (1906); sur le caoutchouc, la gutta-percha, le celluloïd, les résines et vernis (1907); ses ouvrages sur les azotates, les explosifs et les engrais (1907); sur les matières éclairantes (1906). Nous visons plus particulièrement encore son *Précis de métallurgie*, thermo-métallurgie et électro-métallurgie, où M. Pécheux expose clairement les principes généraux de cette science si importante pour l'industrie moderne, la préparation pratique et l'analyse des minerais, leur affinage chimique et électrolytique, la sidérurgie, la production des métaux, la fabrication et les propriétés des alliages les plus usuels; les effets du refroidissement du recuit, de la trempe, de l'écrouissage sur ces métaux et leurs alliages. L'auteur ne s'est pas borné à exposer dans cet ouvrage les méthodes les plus modernes de produire et étudier les métaux à l'état de pureté ou dans leur forme industrielle, il y expose aussi le résultat de ses recherches personnelles présentées successivement à l'Académie des sciences dans une dizaine de notes et mémoires, de 1904 à 1911, notes sur la fonte, le fer et l'acier, sur les températures critiques du nickel et du cobalt, sur leurs alliages avec le cuivre et le zinc, sur la thermo-électricité du cobalt et l'influence des métaux étrangers, sur les propriétés de l'aluminium et du tantale purs ou impurs, sur leur thermo-électricité, sur la chaleur spécifique des alliages d'aluminium avec l'étain, le plomb, le cuivre, le bismuth, sur leurs propriétés physiques, chimiques et leur résistivité, sur le laiton, le maillechort, les cupro-nickels, l'antimoine-aluminium, le bismuth-aluminium.

Le *Précis de métallurgie* de M. **H. PÉCHEUX** indique les méthodes les plus modernes de mesure et de calcul pour l'étude des combustibles, des fours,

cubilots, hauts fourneaux, l'électro-métallurgie, la détermination des températures élevées.

Nous pensons que cet ensemble de recherches place cet auteur au rang des utiles vulgarisateurs auxquels a pensé M. H. de Parville en créant son prix destiné aux savants qui font connaître par leurs travaux et généralisent par leurs publications le culte de la science théorique ou industrielle.

L'Académie adopte les propositions de la commission.

PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. Edmond Perrier, Guignard, Roux, Laveran, Maquenne, Mangin, Charles Richet; Henneguy, rapporteur.)

Pasteur pensait que la vie serait impossible pour un animal mis, dès sa naissance, dans un air pur, et nourri avec des aliments privés de microbes. Plusieurs biologistes, par une série de recherches expérimentales, ont montré que cette opinion *a priori* n'était pas conforme à la réalité. Ils ont pu maintenir en vie, mais seulement pendant quelque temps, des organismes dans des conditions aseptiques. M. le Dr **Émile Guyénot**, actuellement médecin aide-major de 1re classe, chef du laboratoire de bactériologie de la 7e région, a repris l'étude de la vie aseptique; il a apporté, pour la première fois, la démonstration complète de la possibilité d'une vie aseptique habituelle, et il a tiré de ses expériences des conclusions de la plus haute importance du point de vue de la biologie générale.

Ses recherches ont porté sur un animal adapté à vivre dans des milieux en fermentation et à se nourrir des microrganismes qui pullulent dans ses aliments habituels : la mouche du vinaigre, *Drosophila ampelophila*. En employant une technique irréprochable, il a maintenu en état de vie aseptique plus de 80 générations consécutives de drosophiles nourries avec de la levure de bière stérilisée, chacune de ces générations étant constituée par des milliers d'individus. Dans ces conditions, les mouches vivent mieux et plus longtemps, se développent plus régulièrement, se multiplient plus abondamment que dans les conditions naturelles. La vie aseptique représente donc un optimum par rapport à la vie septique habituelle de ces organismes.

M. Guyénot ne s'est pas borné à établir ce fait important. Il a essayé de remplacer, pour les drosophiles élevées aseptiquement, le milieu nutritif naturel, la levure stérilisée, par des liquides artificiels comprenant des sels minéraux, du glucose, de la peptone, etc. Il a pu élever ainsi des larves de drosophile dont la croissance était beaucoup plus lente que celle des larves nourries avec la levure, qui pouvaient rester longtemps sans se métamorphoser et dont beaucoup finissaient par mourir. Ces larves avaient un tissu adipeux dépourvu de réserves. Mais il a pu obtenir une série d'élevages normaux successifs en ajoutant au milieu nutritif artificiel une substance encore indéterminée, qui se trouve dans les extraits alcooliques, les bouillons de levure et parmi les produits d'autolyse de cette dernière et de foie. Cette substance, indispensable à la vie des larves de drosophile, est insoluble dans l'eau et l'alcool absolu, soluble dans les alcools à 90°, 80°, 70° et dans l'alcool absolu bouillant, mais étant alors précipité par refroidissement. Elle paraît présenter certaines analogies avec la vitamine extraite de la balle de paddi, c'est-à-dire de l'enveloppe du grain de riz, et dont l'absence dans la nourriture de l'homme et des animaux détermine l'affection connue sous le nom de *béribéri*. M. Guyénot a donc établi que, pour les invertébrés comme pour les animaux supérieurs, il existe certaines substances qui, bien qu'absorbées en très petites quantités, jouent un rôle très important dans la nutrition de ces êtres, et sont indispensables à leur fonctionnement normal.

L'élevage des drosophiles aseptiques sur milieux artificiels chimiquement définis, en présence de conditions constantes de température, d'humidité, d'éclairage, etc., permet d'obtenir une constance et une maîtrise presque absolues des conditions externes. M. Guyénot a mis à profit cette méthode pour reprendre sur une base nouvelle l'étude de la formation des graisses aux dépens de certaines substances protéiques. Les corps gras emmagasinés dans le tissu adipeux, probablement sous forme de complexes albumino-graisseux, constituent les réserves nécessaires sans lesquelles les larves de drosophile ne peuvent atteindre le terme de leur développement. Leur présence en quantité suffisante est indispensable à la métamorphose. En variant la composition des milieux de culture aseptique, l'auteur a constaté que les réserves albumino-graisseuses, qui s'accumulent dans le tissu adipeux, tirent leur origine, non des hydrates de carbone, ni de graisses alimentaires quelconques, mais de certains corps gras, tels que la lécithine et, pour une certaine part, des substances albuminoïdes de la levure.

Les drosophiles ont été l'objet, dans ces dernières années, de nombreuses expériences en vue de déterminer l'hérédité de la fécondité. M. Guyénot a montré que les résultats contradictoires et souvent incohérents auxquels sont arrivés les expérimentateurs tiennent à ce que ceux-ci ont négligé systématiquement les conditions dans lesquelles ils observaient le phénomène. La fécondité de plusieurs femelles, considérée en tant que propriété héréditaire, ne peut être utilement comparée que si celles-ci ont été placées, non seulement pendant leur vie adulte, mais aussi pendant leur vie larvaire et nymphale, dans des conditions rigoureusement identiques et aussi voisines que possible des conditions optima. Les expériences de l'auteur établissent que les fécondité ou fertilité apparentes, mesurées par le nombre des œufs pondus ou des descendants adultes, qui sont les seuls indicateurs dont on puisse disposer pour apprécier les facteurs héréditaires de la capacité de reproduction des organismes, dépendent dans une large mesure des conditions extérieures.

M. Guyénot a eu le grand mérite de créer une méthode permettant l'obtention de conditions constantes et modifiables à volonté, méthode qui mettra à même les biologistes d'entreprendre, sur des bases solides et inattaquables, toute une série de recherches relatives au rôle des facteurs externes et des facteurs internes dans la genèse des variations héréditaires. Entre les mains d'un expérimentateur aussi habile et consciencieux que son auteur, elle conduira sûrement à des résultats importants.

La commission reconnaissant l'originalité et la valeur du travail de M. **Guyénot**, propose à l'unanimité de lui attribuer le prix Lonchampt.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

PRIX WILDE.

(Commissaires : MM. Grandidier, Lippmann, Émile Picard, Guignard, Violle, Bigourdan; A. Lacroix, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX CAMÉRÉ.

(Commissaires : MM. Marcel Deprez, Carnot, Humbert, Vieille, Le Chatelier, Carpentier; Lecornu, rapporteur.)

La commission propose de décerner le prix à M. **Paul Séjourné**, sous-directeur de la Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, pour les progrès qu'il a apportés dans les projets et les procédés d'exécution des grands ouvrages en maçonnerie.

M. Paul Séjourné, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a construit plusieurs ponts remarquables, entre autres celui de la ville de Luxembourg, dont la portée atteint 85^m, et qui est constitué par deux voûtes minces, parallèles, supportant un plancher en béton armé. Un même cintre, disposé en éventail, a servi successivement pour la construction de ces deux voûtes: on a réussi, malgré ses dimensions considérables, à le faire passer d'un seul bloc, en 25 heures, du premier emplacement au second. Le mode de construction du pont de Luxembourg est extrêmement économique; il a été adopté postérieurement pour un grand nombre de ponts, en France et en Amérique. M. Séjourné a réalisé d'autres perfectionnements dans la construction des voûtes de grande portée. Sans entrer dans les détails, nous rappellerons que, en 1906, le conseil général des ponts et chaussées formulait à son égard l'appréciation suivante : « M. Séjourné est arrivé à renouveler et à rajeunir en quelque sorte un art qui semblait épuisé. »

Dans ces dernières années, M. Séjourné a entrepris la publication d'un ouvrage en six volumes in-4° qui, sous le titre : *Grandes voûtes*, résume l'expérience acquise par l'auteur en 40 années de pratique. Le dernier volume a paru l'an dernier. Dans le cinquième, on lit ce passage, écrit avant la guerre : « *Restons fidèles au passé, soutien du présent et garant de l'avenir, et gardons des barbares nos vieux ports, nos vieilles églises, toute notre vieille France.* » M. Séjourné ne songeait alors qu'aux barbares du dedans; mais d'autres barbares sont, hélas! venus et nous savons ce qu'ils ont fait de la vieille France.

Le prix Caméré est destiné à récompenser un ingénieur français « ayant personnellement conçu, établi et réalisé un travail quelconque dont l'usage aura entraîné un progrès dans l'art de construire ». L'œuvre de M. **Séjourné** répond particulièrement bien à ces dispositions du testateur.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Deslandres, Hamy, Lallemand, Puiseux; Bigourdan, rapporteur.)

Dans la seconde expédition Charcot (1908-1910) M. le lieutenant de vaisseau **Jules Rouch** était chargé des observations de météorologie, d'électricité atmosphérique et d'océanographie physique. Il s'est acquitté de cette lourde tâche, qui a exigé des qualités particulières d'endurance et d'ingéniosité, avec un soin auquel les meilleurs juges ont rendu hommage. L'examen de ses registres a montré, en effet, qu'aucune précaution n'avait été négligée pour assurer la valeur des observations, toujours faites avec un souci constant d'exactitude; et M. Rouch a su en assurer la continuité malgré les accidents nombreux et inévitables dans les régions si inhospitalières où il opérait.

L'étude des vents lui a révélé des faits en désaccord avec les théories généralement admises sur la circulation atmosphérique; et les courbes du statoscope lui ont montré des variations ondulatoires à période courte, de 2 à 20 minutes, qui ne paraissent pas avoir été signalées antérieurement.

Les observations d'électricité atmosphérique ont montré que dans les régions glaciales de l'hémisphère austral il existe une variation annuelle très nette du champ électrique, coïncidant avec celle des régions boréales, les maxima et minima correspondant aux mêmes mois et non aux mêmes saisons (voir *Comptes rendus*, t. 151, 18 juillet 1910).

Les sondages exécutés ont indiqué, par 120° de longitude ouest et 70° de latitude sud, un relèvement de fonds qui rend probable l'existence d'une terre éloignée; les observations sur la température de l'eau de mer ont indiqué des courants chauds dont l'existence influe sur la répartition des espèces marines, et, à ce titre, intéresse particulièrement les naturalistes.

A cet exposé succinct des résultats acquis nous ajouterons que jusqu'à ces derniers temps M. Rouch a rendu de grands services à la défense nationale comme chef du service météorologique aux armées, et qu'en ce moment il est chef de la météorologie nautique au service hydrographique de la marine.

La commission vous propose de décerner le prix Victor Raulin à M. le lieutenant de vaisseau **Jules Rouch** pour l'ensemble de ses travaux.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

PRIX GUSTAVE ROUX.

(Commissaires : MM. Painlevé, Guignard, Émile Picard, Appell, Edmond Perrier; A. Lacroix, rapporteur.)

La commission propose de décerner le prix à feu **Georges Boyer**, ancien élève de l'École normale supérieure, mort au champ d'honneur.

Par cette attribution, l'Académie des sciences honorera la mémoire d'un jeune savant de grand avenir, tombé pour la France comme officier aviateur à l'armée de Salonique.

Georges Boyer s'était signalé à l'attention du monde savant par une très intéressante *Étude géologique des environs de Longarone* (*Alpes vénitiennes*), publiée dans le *Bulletin de la Société géologique de France*, dans laquelle il avait fait preuve, tant en stratigraphie qu'en tectonique, des plus solides qualités d'observation et d'un esprit très pénétrant, qui faisaient présager une brillante carrière scientifique.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

PRIX THORLET.

(Commissaires : MM. Painlevé, Guignard, Émile Picard, Appell, Edmond Perrier; A. Lacroix, rapporteur.)

La commission propose de décerner cette année encore le prix Thorlet à M. **Adolphe Richard**, répétiteur à l'École centrale des arts et manufactures.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. Painlevé, Guignard, Émile Picard, Appell, Edmond Perrier; A. Lacroix, rapporteur.)

Les arrérages de la fondation sont attribués à Mmes Cusco et Ruck.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE.

Ce prix, qui consiste en un exemplaire des œuvres de M. de Laplace, est décerné à M. **Jean Vignal**, né à Paris, le 1er juin 1897, et sorti premier, en 1918, de l'École polytechnique.

PRIX L.-E. RIVOT.

Le prix est partagé ainsi qu'il suit, entre les quatre élèves, sortis en 1918, de l'École polytechnique, avec les nos 1 et 2 dans les Corps des mines et des ponts et chaussées :

M. **Jean Vignal**, sorti premier dans le Corps des mines, reçoit *sept cent cinquante francs ;*

Le lieutenant **Paul Reufflet**, sorti second dans le Corps des mines, reçoit *cinq cents francs ;*

Le sous-lieutenant **Henri Scaillierez**, sorti premier dans le Corps des ponts et chaussées, reçoit *sept cent cinquante francs;*

M. **Camille-André Antoine**, sorti second dans le Corps des ponts et chaussées, reçoit *cinq cents francs*.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT.

(Commissaires : MM. Painlevé, Guignard, A. Lacroix, Appell, Edmond Perrier; Emile Picard, rapporteur.)

Une subvention de la valeur de *mille francs* est attribuée à M. **Charles Frémont**, chef de travaux pratiques à l'Ecole nationale supérieure des mines, pour ses recherches relatives au travail des métaux.

FONDATION GEGNER.

(Commissaires : MM. Painlevé, Guignard, Appell, Edmond Perrier; Emile Picard et A. Lacroix, rapporteurs.)

La commission propose de décerner :

Un prix de la valeur de *deux mille francs* à M. **F. Pisani**, pour ses travaux de chimie minéralogique;

Un prix de la valeur de *deux mille francs* à feu **Samuel Lattès**, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, pour ses travaux d'analyse mathématique.

Rapport de M. A. Lacroix *sur M.* **F. Pisani**.

M. **F. Pisani** est le doyen des minéralogistes et peut-être des chimistes vivant dans notre pays. Elève de Gerhardt, il dirige depuis 1857 un labo-

ratoire privé dans lequel il a formé de nombreuses générations de chimistes et particulièrement de chimistes spécialisés dans l'analyse minérale.

Les *Comptes rendus* renferment une soixantaine de Notes de lui, publiées de 1854 à 1916 et consacrées à l'analyse chimique de nombreux minéraux dont quelques-uns nouveaux pour la science et de météorites, ainsi qu'à des méthodes analytiques nouvelles.

M. **Pisani** est l'auteur de livres pratiques qui ont eu beaucoup de succès et ont rendu de grands services [*Traité élémentaire de Minéralogie* (3e édition en 1890); *Traité pratique d'Analyse chimique* (5e édition en 1900); *La chimie de laboratoire; les minéraux usuels;* etc.].

A ces ouvrages, il faut ajouter plusieurs centaines d'analyses de roches publiées sous son nom depuis vingt ans dans les travaux de nombreux pétrographes français.

Le prix Gegner récompensera dignement la belle vie de labeur d'un savant aussi modeste que distingué.

Rapport de M. Émile Picard *sur M.* **S. Lattès.**

M. **Samuel Lattès**, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, s'est fait connaître par d'intéressants travaux sur les substitutions et l'itération étudiées au point de vue de la théorie générale des fonctions. Sa mort récente a été vivement regrettée de tous les géomètres qui attendaient encore beaucoup de lui. La commission a tenu à récompenser une œuvre prématurément interrompue.

L'Académie adopte les propositions de la commission.

FONDATION JÉROME PONTI.

(Commissaires : MM. Jordan, Boussinesq, Appell, Bigourdan, Villard, Lecornu; Emile Picard, rapporteur.)

La commission propose de décerner :

Un prix de la valeur de *deux mille francs* à M. **Paul Barbarin**, professeur au lycée Saint-Louis, pour ses travaux sur la géométrie non euclidienne;

Un prix de la valeur de *quinze cents francs* à M. **Louis Fabry**, astronome

adjoint à l'Observatoire de Marseille, pour ses travaux sur les éphémérides des petites planètes.

L'Académie adopte la proposition de la commission.

FONDATION HENRI BECQUEREL.

(Commissaires : MM. Painlevé, Guignard, A. Lacroix, Appell, Edmond Perrier; Émile Picard, rapporteur.)

La commission propose de décerner :

Un prix de la valeur de *deux mille francs*, à M. **Camille Gutton**, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, pour ses travaux de physique, notamment ceux qui ont trait à la défense nationale ;

Un prix de la valeur de *deux mille francs*, à M. **Pierre Fatou**, astronome adjoint à l'Observatoire de Paris, pour ses travaux sur la théorie des séries et l'itération des fonctions rationnelles.

L'Académie adopte les propositions de la commission.

FONDS BONAPARTE.

(Commissaires : M. le Prince Bonaparte, membre de droit, et MM. Painlevé, président de l'Académie, Émile Picard, A. Laveran, Bouvier, Hamy, Lallemand, de Gramont; Lecomte, rapporteur.)

La commission a eu à examiner vingt et une demandes de subventions.

Elle propose à l'Académie d'accorder :

1° 2000fr à M. **E. de Boury**, correspondant du Muséum national d'histoire naturelle, pour lui permettre de poursuivre ses études des mollusques gastéropodes.

La demande de M. E. de Boury est appuyée par M. *Bouvier*.

2° 3000fr à M. **Auguste Chevalier**, chef de la mission permanente d'agriculture au ministère des colonies, en mission en Indo-Chine, pour ses études sur la flore forestière de l'Indo-Chine et sur la recherche des bois de ce pays susceptibles d'être utilisés.

Cette demande est appuyée par M. le Prince *Bonaparte* et par le rapporteur.

3° 2000fr à M. **Paul Garrigou-Lagrange**, à Limoges, pour la continuation de ses études de météorologie et de ses essais de cinématographie des mouvements atmosphériques.

Cette demande est appuyée par MM. *d'Arsonval* et *A. Lacroix*.

4° 2000fr à M. **Louis Germain**, assistant au Muséum national d'histoire naturelle, pour la publication de ses travaux sur la faune malacologique de l'Afrique et de l'Asie antérieure, ainsi que pour la continuation de son étude des mollusques du bassin de la Loire et du littoral français de l'océan Atlantique.

Cette demande est appuyée par M. *Bouvier*.

5° 2500fr à M. **C. Le Morvan**, aide-astronome à l'Observatoire de Paris, pour terminer la publication de la *Carte photographique et systématique de la lune*.

Cette demande est appuyée par MM. *Hamy* et *Puiseux*.

6° 5000fr à M. **H. Perrier de la Bathie**, explorateur, pour la continuation des recherches géologiques et botaniques qu'il poursuit avec succès à Madagascar depuis de nombreuses années.

Cette demande est appuyée par MM. *A. Lacroix*, le Prince *Bonaparte* et par le rapporteur.

En résumé, la commission propose l'emploi suivant des sommes mises à la disposition de l'Académie par l'un de ses membres, le Prince Bonaparte :

1. M. E. de Boury	fr 2000
2. M. Auguste Chevalier	3000
3. M. Paul Garrigou-Lagrange	2000
4. M. Louis Germain	2000
5. M. C. Le Morvan	2500
6. M. H. Perrier de la Bathie	5000
Soit un total de	16500

A la suite de la distribution de 1917, il est resté en réserve une somme de 89000fr.

Si les propositions de la commission sont acceptées, un reliquat de 72500fr sera reporté aux années suivantes.

L'Académie adopte les propositions de la commission.

FONDATION LOUTREUIL.

(Membres du conseil : MM. Painlevé, Émile Picard, A. Lacroix, Jordan, le Prince Bonaparte ; H. Le Chatelier, rapporteur.)

Pour la quatrième fois et pour la dernière fois, nous en avons la confiance, le conseil de la fondation Loutreuil présente à l'Académie un rapport de guerre. S'inspirant des préoccupations exposées dans le rapport de 1917, votre conseil s'est refusé à engager la totalité des crédits disponibles en faveur de savants retenus loin du front. Il lui a semblé indispensable de constituer des réserves pour l'après-guerre. Aussitôt la paix signée, des savants de tous âges, combattant aujourd'hui ou travaillant pour la défense nationale, retourneront vers leurs laboratoires trop longtemps délaissés. Préoccupés de réparer les ruines accumulées par la guerre, de rendre dans le monde sa place à la science française, ils se remettront avec ardeur au travail et nous demanderont de leur en fournir les moyens, car les finances publiques seront impuissantes à répondre à tous les besoins qui les solliciteront. Les sommes mises de côté trouveront alors un facile emploi ; elles pourront être attribuées à des études concordant plus exactement avec les vues du donateur que ne le font la plupart des demandes auxquelles nous avons à répondre aujourd'hui.

Telle est la raison pour laquelle la liste des subventions accordées cette année a encore une fois été considérablement réduite.

I. — *Subventions accordées à la demande des établissements désignés par le fondateur.*

1° *Muséum national d'histoire naturelle.* — 4000fr à M. **R. Anthony**, assistant à la chaire d'anatomie comparée du Muséum, pour l'impression du catalogue d'ostéologie des édentés des collections de cet établissement.

2° *Collège de France.* — 5000fr à M. **Charles Moureu**, professeur au Collège de France, membre de l'Académie des sciences, pour compléter l'outillage et les collections du laboratoire qui vient de lui être affecté.

3° *Ecole nationale vétérinaire de Lyon.* — 5500fr à cet établissement pour une installation cinématographique destinée à l'enseignement. Le même

établissement avait reçu l'année dernière une subvention de 5000fr pour une installation radiologique.

4° *Ecole nationale vétérinaire de Toulouse.* — 3000fr à cet établissement pour compléter une installation radiologique, destinée au diagnostic des maladies des animaux. Une subvention de 5000fr avait déjà été accordée en 1916 au même établissement pour le même objet.

Toutes les subventions accordées ainsi aux établissements désignés par le fondateur viennent s'ajouter à des crédits alloués par l'état pour les mêmes objets. Il est douteux que cet emploi des subventions de la fondation Loutreuil rentre bien exactement dans les intentions du donateur. On ne peut qu'accentuer les réserves faites à ce sujet, l'an passé, par le rapporteur.

II. — *Subventions accordées à la demande d'établissements convoqués par le président de l'Académie.*

Conservatoire national des arts et métiers. — 4000fr à M. **Edouard Sauvage**, professeur du cours de machine à cet établissement, pour la construction d'un appareil destiné à l'étude des forces d'inertie dans les pièces de machine. Le projet présenté est net et précis, il vise la construction d'un appareil de mesure n'existant pas encore, qui doit permettre la réalisation d'expériences intéressantes et servir en même temps à l'instruction des élèves, en leur permettant de voir par eux-mêmes, de toucher des phénomènes qui ne paraissent jusqu'ici dans l'enseignement que sous forme de formules mathématiques. Espérons que la machine projetée sera construite et que les résultats obtenus par son emploi seront communiqués à l'Académie, comme le demande le règlement de la fondation Loutreuil, trop souvent resté jusqu'ici lettre morte.

III. — *Subventions accordées sur demandes directes.*

1° 1000fr à M. le colonel **E. Ariès**, correspondant de l'Académie des sciences, pour ses recherches sur l'équation d'état des fluides. Cette somme serait employée à rétribuer un calculateur, qui aiderait l'auteur de la demande dans ses travaux.

2° 2000fr à M. **Henry Bourget**, directeur de l'Observatoire de Marseille, pour aider à la publication du *Journal des observateurs*. C'est la troisième subvention accordée à M. Bourget pour le même objet. Cette subvention a été accordée sur la recommandation très chaude de M. Emile Picard.

3° 2000fr à M. **Maurice Cossmann**, directeur et propriétaire de la *Revue de paléozologie*, pour ses diverses publications de paléontologie. Subvention accordée sur la recommandation de MM. Douvillé et Bouvier.

4° 2000fr à M. **A. Menegaux**, assistant au Muséum d'histoire naturelle pour la revue française d'ornithologie dont il est le fondateur et le directeur. Subvention accordée sur la proposition de M. Bouvier.

5° 6000fr à M. l'abbé **Aloys Verschaffel**, correspondant de l'Académie, directeur de l'Observatoire d'Abbadia, pour les calculs et la publication des éphémérides des petites planètes, suivant un plan approuvé par le Bureau des longitudes. Subvention accordée sur la proposition de M. Emile Picard.

6° 5000fr à M. le colonel **Roche**, directeur de l'École supérieure d'aéronautique, pour accroître les ressources et moyens d'étude du laboratoire de cet établissement, laboratoire où se sont formés, ces dernières années, de nombreux ingénieurs de l'aviation. Subvention accordée sur la proposition de M. P. Painlevé.

Les subventions accordées s'élèvent à la somme de 39500fr. Nous en donnons la récapitulation dans le tableau suivant :

1° Établissements désignés par le donateur.

Muséum national d'histoire naturelle......	MM. R. Anthony	4000fr
Collège de France........................	Ch. Moureu	5000
École nationale vétérinaire de Lyon.......		5500
École nationale vétérinaire de Toulouse...		3000

2° Établissements convoqués par le président.

Conservatoire des arts et métiers.................	M. Sauvage	4000
	A reporter............	21500

	Report..........	21500^{fr}
3° Demandes directes.		
MM. le colonel Ariès		1000
H. Bourget		2000
M. Cossmann		2000
A. Ménégaux		2000
l'abbé A. Verschaffel		6000
le colonel Roche		5000
	Total	39500

FONDATION CHARLES BOUCHARD.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Guyon, Edmond Perrier, d'Arsonval, Guignard, Roux, Laveran, Henneguy, Charles Richet; Quénu, rapporteur.)

La commission est d'avis d'attribuer sur la fondation Bouchard les subventions suivantes :

1° 2000^{fr} à MM. **Jean Nageotte**, professeur au Collège de France, et **Louis Sencert**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Nancy, pour leurs recherches sur les greffes avec des tissus morts;

2° 1500^{fr} à MM. **Paul Brodin**, chef de clinique de la Faculté de médecine de Paris, et **François Saint-Girons**, pour leurs travaux sur l'hémorragie;

3° 1500^{fr} à MM. **Pierre Duval**, chirurgien des hôpitaux, agrégé de la Faculté de médecine de Paris, et **Adrien Grigaut**, chef des travaux de chimie au laboratoire de clinique médicale de l'hôpital Saint-Antoine, pour leurs recherches sur le *shock* traumatique.

L'Académie adopte les propositions de la commission.

PROGRAMME DES FONDATIONS (1)

POUR LES ANNÉES 1920, 1921, 1922, 1923,... (2).

NOTA. — *Les parties du texte ci-dessous qui sont imprimées en italiques sont extraites littéralement des actes originaux.*

MATHÉMATIQUES.

PRIX PONCELET (2000 fr.)

1868 (3).

Prix annuel *destiné à récompenser l'auteur, français ou étranger, du travail le plus utile pour le progrès des mathématiques pures ou appliquées.*

Le lauréat reçoit, en outre du montant du prix, un exemplaire des œuvres complètes du général Poncelet.

L'Académie décerne ce prix alternativement sur le rapport de la commission des prix de mathématiques — il en sera ainsi en 1920 — et sur celui de la commission des prix de mécanique — il en sera ainsi en 1921.

(1) Pour plus ample informé, consulter : *Les fondations de prix à l'Académie des Sciences* (1714-1880), par ERNEST MAINDRON; Paris, Gauthier-Villars, 1881; et *Les fondations de l'Académie des Sciences* (1881-1915), par PIERRE GAUJA; Paris, Gauthier-Villars, 1917.

(2) Les concours de 1919 étant clos le 31 décembre 1918, la liste des prix proposés pour 1919, publiée dans le précédent programme, n'est pas reproduite.

(3) La date ainsi indiquée pour chaque fondation est celle de l'acte initial : testament, donation, etc.

PRIX FRANCOEUR (1000 fr.)

1882.

Prix annuel de mille francs, qui sera décerné, par l'Académie des sciences, à l'auteur de découvertes ou de travaux utiles au progrès des sciences mathématiques pures ou appliquées.

Le lauréat sera choisi de préférence parmi de jeunes savants dont la situation n'est pas encore assurée, ou parmi des géomètres dont la vie, consacrée à la science, n'aurait pas suffisamment assuré le repos et l'aisance de leur existence.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON (700 fr.)

1819.

Prix annuel *en faveur de celui qui s'en sera rendu le plus digne en inventant ou en perfectionnant des instruments utiles au progrès de l'agriculture, des arts mécaniques et des sciences pratiques et spéculatives.*

PRIX FOURNEYRON (1000 fr.)

1867.

Prix biennal de *mécanique appliquée.*

Question posée pour 1917 et reportée à 1920 :

Étude théorique et expérimentale de la question des turbines à combustion ou à explosion.

PRIX PONCELET (2000 fr.)

1868.

Prix annuel *destiné à récompenser l'auteur, français ou étranger, du travail le plus utile pour le progrès des mathématiques pures ou appliquées.*

Le lauréat reçoit, en outre du montant du prix, un exemplaire des œuvres complètes du général Poncelet.

L'Académie décerne ce prix alternativement sur le rapport de la commission des prix de mathématiques — il en sera ainsi en 1920 — et sur celui de la commission des prix de mécanique — il en sera ainsi en 1921.

PRIX BOILEAU (1300 fr.)

1882.

Prix triennal à décerner, s'il y a lieu, en 1921, *pour des recherches concernant les mouvements des fluides, recherches n'ayant pas encore été l'objet d'un prix, et qui seront jugées suffisantes pour contribuer au progrès de l'hydraulique; les recherches, si elles sont théoriques, devront avoir été vérifiées par des résultats d'expérience ou d'observation.*

PRIX HENRI DE PARVILLE (1500 fr.)

1891.

Prix annuel alternatif, *destiné à récompenser des travaux originaux de physique ou de mécanique.*

Le prix sera attribué, en 1920, à des travaux de mécanique et, en 1919, à des travaux originaux de physique.

PRIX PIERSON-PERRIN (5000 fr.)

1898.

Prix décerné, *chaque deux ans, au Français qui aura fait la plus belle découverte physique, telle par exemple que la direction des ballons.*

Il est attribué alternativement sur la proposition de la commission des prix de mécanique — il en sera ainsi en 1921 — et sur la proposition de la commission des prix de physique — il en sera ainsi en 1923.

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE (540 fr.)

1802.

Prix annuel, qui consiste en une médaille d'or ou la valeur de cette médaille, *à donner à la personne qui, en France ou ailleurs (les seuls membres résidents de l'Institut exceptés), aura fait l'observation la plus intéressante ou le mémoire le plus utile au progrès de l'astronomie.*

Dans le cas où il n'aurait été ni fait aucune observation assez remarquable, ni présenté aucun mémoire assez important pour mériter le prix, celui-ci pourra être donné, comme encouragement, à quelque élève qui aura fait preuve de zèle pour l'astronomie.

PRIX DAMOISEAU (2000 fr.)

1863.

Prix triennal sur question posée.

Question proposée pour 1920 :

Perfectionner en quelques points importants les travaux de Poincaré et de M. Liapounoff sur les figures d'équilibre relatif d'une masse fluide en rotation, soumise à l'attraction newtonienne.

L'Académie appelle particulièrement l'attention sur la question de la stabilité et l'étude des oscillations infiniment petites autour d'une figure stable.

Question posée pour 1917 et reportée à 1920 :

Calculer plus exactement, en tenant compte des résultats des expéditions récentes, l'attraction de la Lune sur le bourrelet formé à la surface de la Terre par les marées. Examiner l'effet de cette attraction sur la vitesse angulaire de rotation de la Terre.

PRIX BENJAMIN VALZ (460 fr.)

1874.

Prix annuel destiné *à récompenser des travaux sur l'astronomie, conformément au prix Lalande.*

PRIX JANSSEN (Médaille d'or)

1886.

Prix biennal, à décerner, s'il y a lieu, en 1920, *à la personne qui, en France ou à l'étranger (les membres de l'Institut exceptés), sera l'auteur d'un travail ou d'une découverte faisant faire un progrès direct à l'astronomie physique.*

PRIX PIERRE GUZMAN (100000 fr.)

1889.

Ce prix sera donné, sans exclusion de nationalité, à celui qui trouvera le moyen de communiquer avec un astre, c'est-à-dire faire un signe à un astre et recevoir réponse à ce signe. — J'exclus, a spécifié la fondatrice, *la planète Mars, qui paraît suffisamment connue.*

Tant que la solution demandée ne sera pas obtenue, les intérêts seront cumulés pendant cinq années et formeront un prix décerné à un savant, français ou étranger, qui aura fait faire un progrès réel et sérieux, soit dans la connaissance intime des planètes de notre système solaire, soit dans les relations des planètes de ce système avec la Terre, au moyen d'instruments de physique ou d'optique plus perfectionnés, ou par tout autre mode d'inspection ou d'investigation. — Ce prix quinquennal sera décerné, s'il y a lieu, en 1920.

PRIX G. DE PONTÉCOULANT (700 fr.)

1901.

Prix biennal destiné *à encourager les recherches de mécanique céleste.* Il sera décerné, s'il y a lieu, en 1921.

GÉOGRAPHIE.

PRIX DELALANDE-GUÉRINEAU (1000 fr.)

1872.

Prix biennal à décerner, s'il y a lieu, en 1920, *au voyageur français ou au savant qui, l'un ou l'autre, aura rendu le plus de services à la France ou à la science.*

PRIX GAY (1500 fr.)

1873.

Prix annuel de géographie physique, décerné *conformément au programme donné par la commission nommée à cet effet.*

Question posée pour 1920 :

Distribution géographique des plantes des pays chauds présentant une utilité pratique.

Question posée pour 1918 et reportée à 1921 :

Progrès les plus récents introduits dans la géodésie.

FONDATION TCHIHATCHEF (3000 fr.)

1895.

Fondation dont les arrérages sont destinés *à offrir annuellement une récompense ou une assistance aux naturalistes de toute nationalité qui se seront le plus distingués dans l'exploration du continent asiatique ou des îles limitrophes, notamment des régions les moins connues, et, en conséquence, à l'exclusion des contrées suivantes : Indes britanniques, Sibérie proprement dite, Asie Mineure et Syrie, régions déjà plus ou moins explorées.*

Les explorations devront avoir pour objet une branche quelconque des sciences naturelles, physiques ou mathématiques; seront exclus les travaux ayant

rapport aux autres sciences, telles que : archéologie, histoire, ethnographie, philologie, etc.

Il est bien entendu que les travaux récompensés ou encouragés devront être le fruit d'observations faites sur les lieux mêmes, et non des œuvres de simple érudition.

PRIX BINOUX (2000 fr.)

1889.

Prix biennal à décerner, s'il y a lieu, en 1920, et destiné à récompenser l'auteur de travaux sur la géographie ou la navigation.

NAVIGATION.

PRIX DE SIX MILLE FRANCS,

DESTINÉ A RÉCOMPENSER TOUT PROGRÈS DE NATURE A ACCROITRE L'EFFICACITÉ DE NOS FORCES NAVALES.

1834.

Prix annuel, décerné par l'Académie et inscrit au budget de la marine.

PRIX PLUMEY (4000 fr.)

1859.

Prix annuel, destiné à récompenser *l'auteur du perfectionnement des machines à vapeur ou de toute autre invention qui aura le plus contribué aux progrès de la navigation à vapeur.*

PHYSIQUE.

PRIX L. LA CAZE (10000 fr.)

1865.

Prix biennal à décerner, s'il y a lieu, en 1920, *pour le meilleur travail sur la physique. Les étrangers pourront concourir. La somme ne sera pas partageable et sera donnée en totalité à l'auteur qui en aura été jugé digne.*

PRIX KASTNER-BOURSAULT (2000 fr.)

1880.

Chaque année, un prix Kastner-Boursault est décerné par l'une des Académies française, des beaux-arts et des sciences, à tour de rôle.

L'Académie des sciences *décernera le prix*, en 1922, *à l'auteur du meilleur travail sur les applications diverses de l'électricité dans les arts, l'industrie et le commerce;* elle a la liberté *de mettre d'autres sujets au concours pour ce prix*, mais la donatrice a formé *le vœu qu'elle le consacre plus particulièrement à des ouvrages sur l'électricité.*

PRIX GASTON PLANTÉ (3000 fr.)

1889.

Prix décerné tous les deux ans — il le sera, s'il y a lieu, en 1921 — *à l'auteur français d'une découverte, d'une invention ou d'un travail important dans le domaine de l'électricité.*

PRIX HÉBERT (1000 fr.)

1891.

Prix annuel, destiné à récompenser l'auteur du meilleur traité ou de la plus utile découverte pour la vulgarisation et l'emploi pratique de l'électricité.

PRIX HENRI DE PARVILLE (1500 fr.)

1891.

Prix annuel alternatif, *destiné à récompenser des travaux originaux de physique ou de mécanique*.

Le prix sera attribué, en 1921, à des travaux originaux de physique et, en 1920, à des travaux originaux de mécanique.

PRIX HUGHES (2500 fr.)

1893.

Prix annuel destiné à *récompenser l'auteur d'une découverte originale dans les sciences physiques, spécialement l'électricité et le magnétisme ou leurs applications*.

PRIX PIERSON-PERRIN (5000 fr.)

1898.

Prix décerné, *chaque deux ans, au Français qui aura fait la plus belle découverte physique, telle, par exemple, que la direction des ballons*.

Il est attribué alternativement, sur la proposition de la commission des prix de mécanique — il en sera ainsi en 1921 — et sur la proposition de la commission des prix de physique — il en sera ainsi en 1923.

FONDATION DANTON (1500 fr.)

1903.

Le revenu accumulé de cette fondation est utilisé tous les cinq ans — il le sera, s'il y a lieu, en 1923 — à encourager les recherches relatives *aux phénomènes radiants*.

FONDATION CLÉMENT FÉLIX (2500 fr.)

1917.

Les arrérages de cette fondation seront donnés, chaque année, par l'Académie, s'il y a lieu, sans pouvoir être partagés, à un savant français s'adonnant à l'étude de l'électricité et ayant déjà fourni des preuves de sa valeur en vue de lui faciliter la continuation de ses recherches concernant principalement les applications de l'électricité.

CHIMIE.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES

1819.

Un prix de 2500 fr. et une mention de 1500 fr.

Prix annuel à celui qui découvrira les moyens de rendre quelque art mécanique moins malsain.

PRIX JECKER (10000 fr.)

1851.

Prix annuel destiné à *récompenser l'auteur de l'ouvrage le plus utile sur la chimie organique*, ou, à défaut, l'auteur des travaux les plus propres à hâter les progrès de la chimie organique.

PRIX L. LA CAZE (10000 fr.)

1865.

Prix biennal à décerner, s'il y a lieu, en 1920, *pour le meilleur travail sur la chimie. Les étrangers pourront concourir. La somme ne sera pas partageable et sera donnée en totalité à l'auteur qui en aura été jugé digne.*

FONDATION CAHOURS (3000 fr.)

1886.

Le revenu de cette fondation est *distribué, chaque année, à titre d'encouragement, à des jeunes gens qui se sont déjà fait connaître par quelques travaux intéressants et, plus particulièrement, par des recherches de chimie.*

PRIX BERTHELOT (500 fr.)

1906.

Prix décerné tous les quatre ans — il le sera, s'il y a lieu, en 1921 — *à des recherches de synthèse chimique.*

PRIX HOUZEAU (700 fr.)

1904.

Prix annuel *institué en faveur d'un jeune chimiste méritant.*

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX CUVIER (1500 fr.)

1839.

Prix annuel, *accordé à l'ouvrage le plus remarquable en histoire naturelle soit sur le règne animal, soit sur la géologie.*

L'Académie le décerne, deux années consécutives sur le rapport de la commission des prix d'anatomie et zoologie — il en sera ainsi en 1920 et 1922 — et la troisième année sur le rapport de la commission des prix de minéralogie et géologie — il en sera ainsi en 1921.

PRIX DELESSE (1400 fr.)

1883.

Prix à décerner *tous les deux ans* — il le sera, s'il y a lieu, en 1921 — *à l'auteur français ou étranger d'un travail concernant les sciences géologiques ou, à défaut, d'un travail concernant les sciences minéralogiques. Il pourra être partagé entre plusieurs savants.*

S'il n'y avait pas lieu de décerner le prix, l'Académie pourrait en employer la valeur en encouragements pour des travaux concernant également les sciences géologiques ou, à défaut, les sciences minéralogiques.

PRIX FONTANNES (2000 fr.)

1883.

Prix triennal à décerner, s'il y a lieu, en 1920, *à l'auteur de la meilleure publication paléontologique.*

PRIX VICTOR RAULIN (1500 fr.)

1905.

Ce prix annuel alternatif est *spécialement destiné à des Français et a pour but de faciliter la publication de travaux relatifs aux sciences naturelles suivantes* : 1° *géologie et paléontologie* (tous les deux ans); 2° *minéralogie et pétrographie* (tous les quatre ans); 3° *météorologie et physique du globe* (tous les quatre ans).

L'Académie décernera ce prix, s'il y a lieu, en 1920, à des travaux de minéralogie et de pétrographie et, en 1921, à des travaux de géologie et paléontologie.

Il sera attribué au travail, manuscrit ou imprimé depuis l'attribution du prix à un travail sur la même branche, qui sera jugé le plus digne, et ne sera délivré à l'attributaire qu'après la remise par lui à l'Académie d'un exemplaire imprimé (textes et planches); si le travail primé était manuscrit au moment de l'attribution du prix, l'édition portera, dans son titre, la mention : « *Académie des sciences. — Prix Victor Raulin.* »

PRIX JOSEPH LABBÉ (1000 fr.)

1908.

Prix biennal, à décerner, s'il y a lieu, en 1921, fondé conjointement par la Société des aciéries de Longwy et par la Société anonyme métallurgique de Gorcy, et destiné *à récompenser les auteurs de travaux géologiques ou de recherches ayant efficacement contribué à mettre en valeur les richesses minières de la France, de ses colonies et de ses protectorats, ou, à défaut de titulaire pour l'objet indiqué, à récompenser l'auteur de tout travail fait dans l'intérêt général.*

PRIX JAMES HALL (700 fr.)

1911.

Prix quinquennal à décerner, s'il y a lieu, en 1922, *destiné à récompenser la meilleure thèse doctorale de géologie passée au cours de cette période de cinq ans.*

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES (1600 fr.)

1855.

Prix annuel *accordé à l'auteur français ou étranger du meilleur ou du plus utile écrit, publié dans l'année précédente, sur tout ou partie de la cryptogamie.*

PRIX MONTAGNE (1500 fr.)

1862.

Un prix de 1500 fr. ou deux prix, l'un de 1000 fr. et l'autre de 500 fr., à décerner, chaque année, s'il y a lieu, *à l'auteur ou aux auteurs de découvertes ou de travaux importants sur les végétaux cellulaires.*

PRIX JEAN THORE (200 fr.)

1863.

Prix *à décerner, chaque année, au nom de Jean Thore, médecin et botaniste, à l'auteur du meilleur mémoire sur les algues fluviatiles ou marines d'Europe, ou sur les mousses, ou sur les lichens, ou sur les champignons d'Europe, ou sur les mœurs ou l'anatomie d'une espèce des insectes d'Europe.*

Il est attribué alternativement sur le rapport de la commission des prix de botanique — il en sera ainsi en 1921 — et sur celui de la commission des prix d'anatomie et zoologie — il en sera ainsi en 1920.

PRIX DE LA FONS MÉLICOCQ (900 fr.)

1864.

Prix à décerner *tous les trois ans* — il le sera, s'il y a lieu, en 1922 — *au meilleur ouvrage de botanique sur le nord de la France, c'est-à-dire sur les départements du Nord, du Pas-de-Calais, des Ardennes, de la Somme, de l'Oise et de l'Aisne.*

PRIX DE COINCY (900 fr.)

1903.

Prix annuel donné *à l'auteur d'un ouvrage de phanérogamie, écrit en latin ou en français.*

PRIX JEAN DE RUFZ DE LAVISON (500 fr.)

1912.

Prix *à distribuer tous les deux ans* — il le sera, s'il y a lieu, en 1921 — *et destiné à récompenser des travaux de physiologie végétale.*

Le prix ne pourra être partagé; il devra, autant que possible, être décerné au cours des années impaires et ne pourra être attribué qu'à un Français.

ÉCONOMIE RURALE.

PRIX BIGOT DE MOROGUES (2000 fr.)

1834.

Prix décennal à décerner, s'il y a lieu, en 1923, et réservé à l'auteur de l'*ouvrage qui aura fait faire le plus de progrès à l'agriculture en France.*

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX CUVIER (1500 fr.)

1839.

Prix annuel, *accordé à l'ouvrage le plus remarquable en histoire naturelle, soit sur le règne animal, soit sur la géologie.*

L'Académie le décerne, deux années consécutives sur le rapport de la commission des prix d'anatomie et zoologie — il en sera ainsi en 1920 et 1922 — et la troisième année sur le rapport de la commission des prix de géologie — il en sera ainsi en 1921.

PRIX DA GAMA MACHADO (1200 fr.)

1852.

Prix triennal, à décerner, s'il y a lieu, en 1921, et destiné *à récompenser les meilleurs mémoires écrits sur la coloration des robes des animaux, inclusivement l'homme, et sur la semence dans le règne animal.*

FONDATION SAVIGNY (1500 fr.)

1856.

Le revenu de cette fondation doit *être employé à aider les jeunes zoologistes voyageurs qui ne recevront pas de subventions du gouvernement et qui s'occuperont plus spécialement des animaux sans vertèbres de l'Égypte et de la Syrie, qui voudraient publier leur ouvrage et se trouveraient, en quelque sorte, les continuateurs des recherches faites par M. Jules-César Savigny sur ces contrées.*

PRIX JEAN THORE (200 fr.)

1863.

Prix *à décerner, chaque année, au nom de Jean Thore, médecin et botaniste, à l'auteur du meilleur mémoire sur les algues fluviatiles ou marines d'Europe, ou sur les mousses, ou sur les lichens, ou sur les champignons d'Europe, ou sur les mœurs ou l'anatomie d'une espèce des insectes d'Europe.*

Il est attribué alternativement sur le rapport de la commission des prix de botanique — il en sera ainsi en 1921 — et sur celui de la commission des prix d'anatomie et zoologie — il en sera ainsi en 1920.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON

1819.

Trois prix de 2500 fr.
Trois mentions honorables de 1500 fr.
Citations.

Prix annuels en faveur de qui aura trouvé dans l'année un moyen de perfectionnement de la science médicale ou de l'art chirurgical.

PRIX BARBIER (2000 fr.)

1832.

Prix annuel *pour celui qui fera une découverte précieuse pour la science chirurgicale, médicale, pharmaceutique et dans la botanique ayant rapport à l'art de guérir.*

PRIX BRÉANT (100000 fr.)

1849.

Prix de cent mille francs à celui qui aura trouvé le moyen de guérir du choléra asiatique ou qui aura découvert les causes de ce terrible fléau.

Jusqu'à ce que ce prix (100 000 fr.) *soit gagné*, l'intérêt sera donné en prix *à la personne qui aura fait avancer la science sur la question du choléra ou de toute autre maladie épidémique. Ce prix annuel, formé des intérêts du capital, pourra être gagné par celui qui indiquera le moyen de guérir radicalement les dartres ou ce qui les occasionne.*

PRIX GODARD (1000 fr.)

1862.

Prix qui, chaque année, sera donné au meilleur mémoire sur l'anatomie, la physiologie et la pathologie des organes génito-urinaires.

PRIX CHAUSSIER (10000 fr.)

1863.

Prix à décerner tous les quatre ans — il le sera, s'il y a lieu, en 1923 — pour *le meilleur livre ou mémoire qui aura paru pendant ce temps et fait avancer la médecine, soit sur la médecine légale, soit sur la médecine pratique.*

PRIX MÈGE (10 000 fr.)

1869.

Prix unique *à donner à l'auteur qui aura continué et complété l'essai* du docteur Mège *sur les causes qui ont retardé ou favorisé les progrès de la médecine, depuis la plus haute antiquité jusqu'à nos jours.*

L'Académie des Sciences pourra disposer en encouragement des intérêts de la somme, jusqu'à ce qu'elle pense devoir décerner le prix.

PRIX DUSGATE (2500 fr.)

1872.

Prix *quinquennal à délivrer*, s'il y a lieu, en 1920, *à l'auteur du meilleur ouvrage sur les signes diagnostiques de la mort, et sur les moyens de prévenir les inhumations précipitées.*

PRIX BELLION (1400 fr.)

1881.

Prix annuels à décerner aux savants qui auront écrit des ouvrages ou fait des découvertes surtout profitables à la santé de l'homme ou à l'amélioration de l'espèce humaine.

PRIX DU BARON LARREY (750 fr.)

1896.

Prix annuel décerné à un médecin ou à un chirurgien des armées de terre ou de mer pour le meilleur ouvrage, présenté à l'Académie au cours de l'année, et traitant un sujet de médecine, de chirurgie ou d'hygiène militaire.

PRIX ARGUT (1200 fr.)

1902.

Prix biennal à décerner, s'il y a lieu, en 1921, *au savant qui aura fait une découverte permettant de guérir, par la médecine, une maladie ne pouvant, jusqu'alors, être traitée que par la chirurgie et agrandissant ainsi le domaine de la médecine.*

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON (750 fr.)

1818.

Prix annuel *pour l'ouvrage le plus utile sur la physiologie expérimentale.*

PRIX LALLEMAND (1800 fr.)

1852.

Prix annuel destiné *à récompenser ou encourager des travaux relatifs au système nerveux, dans la plus large acception des mots.*

PRIX L. LA CAZE (10000 fr.)

1865.

Prix biennal, à décerner, s'il y a lieu, en 1920, *à l'auteur de l'ouvrage qui aura le plus contribué aux progrès de la physiologie. Les étrangers pourront concourir. Le prix ne sera pas partageable entre plusieurs.*

PRIX POURAT (1000 fr.)

1876.

Prix annuel *sur une question de physiologie à l'ordre du jour, laquelle question sera proposée soit par le président, soit par un membre de la section de physiologie.*

Le prix est retiré des concours jusqu'à ce que le revenu de la fondation permette de porter sa valeur à 2000 fr., conformément au désir exprimé par le fondateur.

PRIX MARTIN-DAMOURETTE (1400 fr.)

1883.

Prix biennal de physiologie thérapeutique. Il sera décerné, s'il y a lieu, en 1920.

PRIX PHILIPEAUX (900 fr.)

1888.

Prix annuel de physiologie expérimentale.

PRIX FANNY EMDEN (3000 fr.)

1910.

Prix biennal, à décerner, s'il y a lieu, en 1921, et destiné, par sa fondatrice, Mlle Juliette de Reinach, à récompenser *le meilleur travail traitant de l'hypnotisme, de la suggestion et en général des actions physiologiques qui pourraient être exercées à distance sur l'organisme animal.*

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON

1817.

Un prix de 1000 fr.
Deux mentions de 500 fr.

Prix annuel *destiné aux recherches statistiques de toute nature.*

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX (2000 fr.)

1889.

Prix annuel destiné à récompenser l'auteur de travaux sur l'histoire et la philosophie des sciences.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE ARAGO

1887.

Cette médaille est décernée par l'Académie chaque fois qu'une découverte, un travail ou un service rendu à la science lui paraît digne de ce témoignage de haute estime.

MÉDAILLE LAVOISIER

1900.

Cette médaille est décernée par l'Académie tout entière, comme cela a lieu pour la médaille Arago, aux époques que son Bureau juge opportunes, aux savants qui ont rendu à la chimie des services éminents, sans distinction de nationalité.

MÉDAILLE BERTHELOT

1902.

Chaque année, sur la proposition de son Bureau, l'Académie décerne un certain nombre de médailles Berthelot aux savants qui ont obtenu, cette année-là, des prix de chimie; à chaque médaille est joint un exemplaire de l'ouvrage intitulé : *La Synthèse chimique*.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT (3000 fr.)

1795.

Prix annuel, institué par la convention nationale (loi du 3 brumaire an IV sur l'organisation de l'instruction publique) et inscrit au budget de l'état.

L'Académie le décerne au concours sur des questions choisies par elle d'après les propositions d'une commission prise alternativement dans la division des sciences mathématiques (le prix porte alors le nom de GRAND PRIX DES SCIENCES MATHÉMATIQUES) et dans la division des sciences physiques (le prix porte alors le nom de GRAND PRIX DES SCIENCES PHYSIQUES).

1° GRAND PRIX DES SCIENCES MATHÉMATIQUES.

Question posée pour 1920 :

Perfectionner la théorie des fonctions d'une variable qui sont susceptibles de représentations par des séries trigonométriques de plusieurs arguments fonctions linéaires de cette variable.

2° GRAND PRIX DES SCIENCES PHYSIQUES.

Question posée pour 1921 :

Établir une classification méthodique des plantes vasculaires paléozoïques.

PRIX ALHUMBERT (1000 fr.)

1817.

Prix quinquennal, fondé *pour les progrès des sciences* et décerné à des mémoires sur des questions particulières propres à compléter l'ensemble de nos connaissances.

Ces questions sont choisies par l'Académie alternativement dans le ressort de la division des sciences mathématiques — il en sera ainsi pour 1927 — et dans celui de la division des sciences physiques — il en sera ainsi pour 1922.

Question posée pour 1917 et renvoyée à l'année qui suivra la fin de la guerre :

Étude de l'action du champ magnétique sur les liquides cristallins.

PRIX BORDIN (3000 fr.)

1835.

Prix annuel sur questions posées.

Les sujets mis au concours auront toujours pour but l'intérêt public, le bien de l'humanité, les progrès de la science et l'honneur national. Ils sont choisis par l'Académie sur la proposition de commissions prises alternativement parmi les membres de la division des sciences mathématiques — il en est ainsi pour 1921 — et parmi ceux de la division des sciences physiques — il en est ainsi pour 1920.

Question posée pour 1920 :

Étude des brèches sédimentaires.

Question posée pour 1921 :

*Perfectionner les théories sur l'*analysis situs, *développées par Poincaré dans des mémoires célèbres. On cherchera à rattacher, au moins dans des cas particuliers étendus, les questions de géométrie de situation, concernant une multiplicité donnée, à l'étude d'expressions analytiques convenablement choisies.*

PRIX SERRES (7500 fr.)

1868.

Prix triennal à décerner, s'il y a lieu, en 1920, *sur l'embryologie générale appliquée autant que possible à la physiologie et à la médecine.*

PRIX THEURLOT

1868.

Fondation constituée par un capital de *cinquante mille francs, dont le revenu capitalisé sera attribué, au bout d'une période qui ne pourra jamais être moindre de vingt-cinq ans, à celui des constructeurs d'instruments de précision qui aura rendu à la science et aux savants les plus grands services par l'ingéniosité de ses inventions.*

La première période de vingt-cinq ans se terminera en 1929.

PRIX VAILLANT

1872.

Le maréchal Vaillant, au moyen du legs qu'il a fait à l'Académie, a voulu *fonder un prix qui sera accordé par elle, soit annuellement, soit à de plus longs intervalles. Je n'indique,* dit-il, *aucun sujet pour le prix, ayant toujours pensé laisser une grande société comme l'Académie des sciences appréciatrice suprême de ce qu'il y avait de mieux à faire avec les fonds mis à sa disposition. L'Académie des sciences fera donc tel emploi qui lui semblera le plus convenable de la somme que je mets à sa disposition.*

PRIX PETIT D'ORMOY

1875.

Fondation dont les arrérages doivent être employés par l'Académie *en prix et récompenses, suivant les conditions qu'elle jugera convenable d'établir,*

moitié à des travaux théoriques, moitié à des applications de la science, à la pratique médicale, mécanique ou industrielle.

L'Académie a décidé qu'il serait décerné tous les deux ans :

1° Un prix de 10000 fr. pour les sciences mathématiques, pures ou appliquées;

2° Un prix de 10000 fr. pour les sciences naturelles.

Les prix Petit d'Ormoy seront décernés, s'il y a lieu, en 1921.

PRIX ESTRADE-DELCROS (8000 fr.)

1876.

Chaque année, l'une des cinq Académies décerne un prix Estrade-Delcros *au concours sur tel sujet qu'elle a jugé devoir choisir*. Ce prix ne peut être fractionné.

L'Académie des sciences l'attribue, tous les cinq ans, alternativement à des travaux ressortissant à la division des sciences mathématiques — il en sera ainsi en 1923 — et à des travaux ressortissant à la division des sciences physiques — il en sera ainsi en 1928.

PRIX LE CONTE

1876.

Un prix de 50000 fr.; encouragements.

Le produit net du revenu de cette fondation doit être distribué par l'Académie, *de trois ans en trois ans, sans préférence de nationalité.*

Savoir :

Un huitième à titre d'encouragement;

Tout ou partie des sept autres huitièmes en un seul prix :

1° *Aux auteurs de découvertes nouvelles et capitales en mathématiques, physique, chimie, histoire naturelle, sciences médicales;*

2° *Aux auteurs d'applications nouvelles de ces sciences, applications qui devront donner des résultats de beaucoup supérieurs à ceux obtenus jusque-là.*

L'Académie décernera le prix Le Conte, s'il y a lieu, en 1921.

PRIX JEAN REYNAUD (10000 fr.)

1878.

Chaque année, l'une des cinq Académies décerne un prix Jean Reynaud.

L'Académie des sciences le décernera, s'il y a lieu, en 1921.

Ce prix sera accordé au travail le plus méritant, relevant de chaque classe de l'Institut, qui se sera produit pendant une période de cinq ans. — Il ira toujours à une œuvre originale, élevée et ayant un caractère d'invention et de nouveauté. — Les membres de l'Institut ne seront pas écartés du concours. — Le prix sera toujours décerné intégralement; dans le cas où aucun ouvrage ne semblera digne de le mériter entièrement, sa valeur sera délivrée à quelque grande infortune scientifique, littéraire ou artistique.

PRIX DU BARON DE JOEST (2000 fr.)

1880.

Tous les ans, une des cinq Académies décerne un prix du baron de Joest, *à celui qui dans l'année a fait la découverte ou écrit l'ouvrage le plus utile au bien public, avec faculté de ne distribuer ce prix qu'après même deux ans si l'Institut le trouve nécessaire.*

L'Académie des sciences décerne ce prix, tous les cinq ans, alternativement à des travaux ressortissant à la division des sciences mathématiques — il en sera ainsi en 1926 — et à des travaux ressortissant à la division des sciences physiques — il en sera ainsi en 1921.

PRIX HOULLEVIGUE (5000 fr.)

1880.

Prix *annuel, décerné, à tour de rôle, par l'Académie des sciences et par l'Académie des beaux-arts.*

L'Académie des sciences décerne ce prix, tous les deux ans alternativement à des travaux ressortissant à la division des sciences mathématiques — il en sera ainsi en 1922 — et à des travaux ressortissant à la division des sciences physiques — il en sera ainsi en 1920.

PRIX JEAN-JACQUES BERGER (15000 fr.)

1881.

Prix annuel, qui sera successivement décerné par les cinq Académies aux œuvres les plus méritantes concernant la ville de Paris.

Le prix sera toujours décerné intégralement. Cependant, dans le cas où ledit prix ne serait pas décerné, aucune œuvre ne paraissant digne de l'obtenir, tout ou partie de sa valeur pourra être délivrée, à titre d'encouragement, aux œuvres les meilleures quoique non jugées dignes du prix.

Les concurrents devront justifier de leur qualité de Français.

Aucun programme ne sera imposé et ce sera l'œuvre ressortissant à l'Académie décernant le prix, qui sera seule admise au concours.

L'Académie des sciences décernera le prix, s'il y a lieu, en 1924.

PRIX PARKIN (3400 fr.)

1886.

Récompense ou prix attribué, tous les trois ans, au meilleur travail en français, en allemand ou en italien,

Sur les effets curatifs du carbone sous ses diverses formes et plus particulièrement sous la forme gazeuse ou gaz acide carbonique, dans le choléra, les différentes formes de fièvre ou autres maladies;

Ou bien,

Sur les effets de l'action volcanique dans la production de maladies épidémiques dans le monde animal et le monde végétal, et dans celle d'ouragans et de perturbations atmosphériques anormales;

Et de telle façon que les récompenses ou prix soient décernés la troisième et la sixième année de chaque période de neuf ans aux travaux sur le premier des sujets mentionnés ci-dessus — il en sera ainsi en 1924 et 1927 — *et la neuvième année au second* — il en sera ainsi en 1921.

Chaque travail sera en outre soumis à la condition que l'auteur le publie à ses frais et en présente un exemplaire à l'Académie dans le délai de trois mois après la proclamation de la récompense ou du prix.

PRIX SAINTOUR (3000 fr.).

1887.

Prix annuel attribué alternativement à des travaux ressortissant à la division des sciences mathématiques — il en sera ainsi en 1921 — et à celle des sciences physiques — il en sera ainsi en 1920.

PRIX HENRI DE PARVILLE (1500 fr.)

1891.

Prix annuel *destiné à récompenser l'ouvrage de science qui en paraîtra le plus digne; livre de science original ou livre de vulgarisation scientifique.*

PRIX LONCHAMPT (4000 fr.)

1896.

Prix donné, chaque année, à l'auteur du meilleur mémoire sur les maladies de l'homme, des animaux et des plantes, au point de vue plus spécial de l'introduction des substances minérales en excès comme cause de ces maladies.

PRIX HENRY WILDE.

1897.

Un prix de 4000 fr. ou deux prix de 2000 fr.

Prix décerné chaque année, sans distinction de nationalité, à la personne dont la découverte ou l'ouvrage sur l'astronomie, la physique, la chimie, la minéralogie, la géologie ou la mécanique expérimentale aura été jugé le plus digne de récompense, soit que cette découverte ou cet ouvrage ait été fait dans l'année même, soit qu'il remontât à une autre année.

PRIX CAMÉRÉ (4000 fr.)

1904.

Prix biennal, qui sera décerné, s'il y a lieu, en 1920, et *qui ne peut être donné qu'à un ingénieur français, qu'il soit ingénieur des mines, des ponts et chaussées ou ingénieur civil, ayant personnellement conçu, étudié et réalisé un travail quelconque dont l'usage aura entraîné un progrès dans l'art de construire.*

PRIX VICTOR RAULIN (1500 fr.)

1905.

Ce prix annuel alternatif est *spécialement destiné à des Français et a pour but de faciliter la publication de travaux relatifs aux sciences naturelles suivantes : 1° géologie et paléontologie* (tous les deux ans); 2° *minéralogie et pétrographie* (tous les quatre ans); 3° *météorologie et physique du globe* (tous les quatre ans).

L'Académie décernera ce prix, s'il y a lieu, en 1922, à des travaux de météorologie et physique du globe.

Il sera attribué au travail, manuscrit ou imprimé depuis l'attribution du prix à un travail sur la même branche, qui sera jugé le plus digne, et ne sera délivré à l'attributaire qu'après la remise par lui à l'Académie d'un exemplaire imprimé (textes et planches); si le travail primé était manuscrit au moment de l'attribution du prix, l'édition portera dans son titre la mention : « Académie des sciences. — Prix Victor Raulin. »

PRIX GUSTAVE ROUX (1000 fr.)

1911.

Prix annuel destiné à *récompenser un jeune savant français dont les travaux auront paru remarquables à l'Académie. En aucun cas, le prix ne pourra être divisé.*

PRIX THORLET (1600 fr.)

1912.

Prix de vertu, annuel.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION LANNELONGUE (2000 fr.)

1903.

Le revenu annuel de cette fondation est donné, au choix de l'Académie et sur la proposition de sa commission administrative, *à une ou deux personnes au plus, dans l'infortune, appartenant elles-mêmes ou par leur mariage, ou par leurs père et mère, au monde scientifique, et de préférence au milieu scientifique médical.*

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE

1836.

Prix consistant en un exemplaire des œuvres de M. de Laplace [*Traité de mécanique céleste* (5 vol.), *Exposition du système du monde* (1 vol.), *Théorie des probabilités* (1 vol.)], et *donné, tous les ans, par les mains du président de l'Académie, au premier élève sortant de l'École polytechnique.*

PRIX L.-E. RIVOT (2500 fr.)

1890.

Le revenu de cette fondation est *partagé entre les quatre élèves sortant chaque année de l'École polytechnique avec les nos 1 et 2 dans les corps des mines et des ponts et chaussées.*

Les nos 1 reçoivent 750 fr. *et les nos* 2 *reçoivent* 500 fr. *qui leur sont remis, au nom de L.-E. Rivot,* en son vivant professeur à l'École nationale supérieure des mines, *pour les aider à acheter des livres de sciences et à faire des voyages d'études.*

PRIX DE L'ÉCOLE NORMALE (2000 fr.)

1916.

Prix unique, qui sera décerné, s'il y a lieu, après la guerre, par l'Académie, grâce à un don du comité des annales scientifiques de l'École normale supérieure, *à un normalien tué ou blessé au champ d'honneur, en récompense ou en vue de travaux scientifiques.*

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT (1000 fr.)

1847.

Fondation destinée à aider, dans ses travaux, tout savant, ingénieur, artiste ou mécanicien auquel une assistance sera nécessaire pour atteindre un but utile et glorieux pour la France.

Comme de telles découvertes ont lieu rarement, lorsque la rente n'aura pas son emploi, elle sera capitalisée avec le fonds et deviendra ainsi plus digne de son but.

FONDATION GEGNER (4000 fr.)

1868.

Fondation constituée par un *capital d'un revenu de quatre mille francs destiné à soutenir un savant pauvre qui se sera signalé par des travaux sérieux et qui, dès lors, pourra continuer plus fructueusement ses recherches en faveur du progrès des sciences positives.*

FONDATION JÉROME PONTI (3500 fr.)

1879.

Le revenu de cette fondation doit être employé par l'Académie, *selon qu'elle le jugera à propos, pour encourager les sciences et aider à leurs progrès*.

L'Académie attribue, tous les deux ans, une somme de 3500 fr. sur la proposition d'une commission choisie alternativement dans la division des sciences mathématiques — il en sera ainsi en 1922 — et dans la division des sciences physiques — il en sera ainsi en 1920.

FONDATION HENRI BECQUEREL (3000 fr.)

1905.

Le fondateur, feu Antoine-Henri Becquerel, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, a laissé à celle-ci *le soin de décider le meilleur usage qu'elle pourra faire des arrérages du capital* qu'il lui léguait, *soit pour établir une fondation ou un prix, soit dans la manière dont elle distribuera périodiquement les arrérages dans le but de favoriser le progrès des sciences*.

FONDS BONAPARTE

1908.

Les subventions que l'Académie des sciences peut distribuer, grâce à la généreuse libéralité de l'un de ses membres, le Prince Bonaparte, ont pour but de *provoquer des découvertes en facilitant les recherches des travailleurs ayant déjà fait leurs preuves en des travaux originaux et qui manqueraient de ressources suffisantes pour entreprendre ou poursuivre leurs investigations*.

Les subventions peuvent être demandées directement par les candidats ou proposées par un membre de l'Académie. La demande doit contenir un exposé précis des travaux projetés et indiquer la somme jugée nécessaire pour les réaliser. Tout membre de l'Institut qui désire proposer une sub-

vention ou appuyer une demande doit le faire par écrit, et son avis motivé est mentionné dans le rapport général d'attribution.

Toutes les demandes ou propositions doivent parvenir au secrétariat de l'Académie *avant le 1er janvier;* passé cette date, elles sont renvoyées à l'année suivante.

Les subventions sont au minimum de 2000 fr.

Les membres de l'Institut qui auront appuyé une demande devront, dans les deux ans qui suivront l'attribution, remettre une note écrite indiquant l'emploi qui aura été fait des fonds accordés.

Obligations des bénéficiaires. — Toute personne qui aura reçu une subvention sur le fonds Bonaparte devra adresser à l'Académie : 1° au bout de douze mois, un rapport succinct relatif à la manière dont elle aura employé les ressources mises à sa disposition et aux premiers résultats obtenus; 2° dans un délai de deux ans, un résumé des travaux effectués à l'aide de la subvention; ce résumé sera écrit spécialement pour l'Académie et sera accompagné d'une liste bibliographique, s'il y a lieu. Son étendue ne devra pas dépasser deux pages in-4°. L'ensemble des rapports constitue une publication spéciale qui porte le titre de *Recueil du fonds Bonaparte.*

L'Académie se réserve d'insérer dans ses publications ordinaires les travaux d'une plus grande étendue, qui lui paraîtront mériter une mention particulière.

La primeur des découvertes, sous quelque forme que ce soit, sera réservée à l'Académie. La non-observation de cette clause entraînerait pour l'auteur la perte du droit de recevoir de nouvelles subventions.

La même sanction serait appliquée à tout bénéficiaire qui n'aurait pas fourni de rapport dans les délais voulus.

FONDATION LOUTREUIL (125000 fr.)

1910.

Cette fondation a pour but d'encourager, dans les établissements de haute culture scientifique de Paris et de province (autres que les Universités), ainsi que par les savants et chercheurs libres, indépendants de ces établissements : le progrès des sciences de toute nature; la création et le développement de l'outillage des laboratoires; le développement des collections,

bibliothèques et publications savantes; les recherches et les voyages scientifiques; la création de cours d'enseignement. Elle permet de donner des allocations pécuniaires à des savants, attachés ou non à ces établissements, et dont les ressources sont souvent inférieures à leur mérite.

Les demandes de subventions doivent être adressées au secrétariat de l'Académie *avant le* 31 *mars*. Elles indiquent le but et l'objet des recherches à entreprendre, leur intérêt scientifique, leur durée probable, les dépenses qu'elles peuvent entraîner. S'il s'agit d'un accroissement de collections, de bibliothèques ou bien de constructions, elles indiquent les lacunes qu'il s'agit de combler, l'utilité des dépenses projetées, etc. Si la demande émane d'un établissement, elle doit être accompagnée, en outre, du procès-verbal de la séance du conseil de cet établissement dans laquelle la demande a été votée.

Aucune demande de subvention permanente n'est acceptée.

Dans le cas où tel établissement de haute culture scientifique jugerait immédiatement utile la construction de bâtiments destinés à abriter soit une collection, soit l'outillage d'un laboratoire de travaux ou de recherches scientifiques, et dans le cas où cette construction ne pourrait être assurée assez rapidement par l'état ou la ville intéressée, le revenu de la fondation pourra, si le conseil de la fondation l'autorise, être affecté, jusqu'à concurrence de un cinquième, à gager un ou plusieurs emprunts contractés par l'établissement, à l'effet d'assurer cette construction.

Les demandes de subventions sont examinées par un comité consultatif, composé d'un représentant, élu pour trois ans, du Muséum d'histoire naturelle, désigné par ses professeurs; du Collège de France, désigné par ses professeurs des sciences; du Conseil central des observatoires; du Conseil de perfectionnement de l'École polytechnique; de chacune des Écoles vétérinaires d'Alfort, Lyon et Toulouse, choisi par les professeurs de ces écoles; de l'Institut national agronomique, désigné par ses professeurs. Le président de l'Académie des sciences pourra ajouter à cette liste des inventeurs ou savants notoires n'appartenant à aucun établissement, et des représentants d'établissements scientifiques non dénommés ci-dessus.

L'attribution définitive des subventions est faite par un conseil de six membres pris dans l'Académie, suivant les conditions fixées par le testament.

Obligations des bénéficiaires. — Toute personne ou tout établissement qui

a reçu une subvention sur la fondation Loutreuil est tenue d'envoyer, au bout d'un an, s'il s'agit de recherches scientifiques, et de six mois s'il s'agit d'accroissement de matériel ou de constructions, un rapport sur l'emploi qu'il en a fait. S'il s'agit d'une subvention destinée à des recherches, les résultats de celles-ci doivent être indiqués. Quand l'emploi des fonds exige plus d'une année, il y a lieu de faire un rapport annuel; la non-exécution de cette clause entraînera la suppression de toute subvention ultérieure.

Le rapport général du conseil et les rapports annuels des savants ou établissements subventionnés feront l'objet d'une publication spéciale qui portera le titre de *Recueil de la fondation Loutreuil*.

L'Académie se réserve d'insérer, dans ses publications ordinaires, les travaux d'une grande étendue qui lui paraîtront mériter une mention spéciale.

La publication de tous travaux subventionnés par la fondation Loutreuil devra porter mention, après le titre, qu'ils ont été entrepris avec l'aide de cette fondation.

CONDITIONS GÉNÉRALES DES CONCOURS.

Les pièces manuscrites ou imprimées, destinées aux divers concours de l'Académie des sciences, doivent être directement adressées par les auteurs au secrétariat de l'Institut (ACADÉMIE DES SCIENCES) avec une lettre adressée à MM. les Secrétaires perpétuels de l'Académie des sciences, constatant l'envoi et indiquant le concours pour lequel elles sont présentées.

Les ouvrages imprimés doivent être envoyés au nombre de *trois exemplaires*.

Les manuscrits doivent être écrits en français.

Par une mesure générale, l'Académie a décidé que la clôture de tous les concours aura lieu le 31 décembre de l'année qui précède celle où le concours doit être jugé.

Les concurrents doivent indiquer, par une analyse succincte, la partie de leur travail où se trouve exprimée la découverte sur laquelle ils appellent le jugement de l'Académie.

Les concurrents sont prévenus que l'Académie ne rendra aucun des ouvrages ou mémoires envoyés aux concours; les auteurs auront la liberté d'en faire prendre des copies au secrétariat.

Le même ouvrage ne pourra pas être présenté, la même année, aux concours de deux académies de l'Institut de France.

L'Académie se réserve d'examiner, sans aucune condition de candidature, les titres des savants qui pourraient mériter des prix.

Le montant des sommes annoncées pour les prix n'est donné qu'à titre d'indication, subordonnée aux variations du revenu des fondations.

Nul n'est autorisé à prendre le titre de LAURÉAT DE L'ACADÉMIE, s'il n'a été jugé digne de recevoir un PRIX. Les personnes qui ont obtenu des *récompenses*, des *encouragements*, des *mentions* ou des *subventions* n'ont pas droit à ce titre.

Nota. — L'Académie a supprimé, depuis l'année 1902, la formalité qui rendait *obligatoire* l'anonymat pour certains concours, avec dépôt d'un pli cacheté contenant le nom de l'auteur. Cette formalité est devenue *facultative*.

LECTURES.

M. **Alfred Lacroix**, Secrétaire perpétuel, lit une Notice historique sur *Déodat Dolomieu*.

A. Lx et E. P.

TABLEAU DES PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS.

ANNÉE 1918.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

TABLEAU DES FONDATIONS

pour les années 1920, 1921, 1922, 1923, ...

TABLEAU PAR ANNÉE

DES PRIX POUR 1920, 1921, 1922, 1923......

1920.

MATHÉMATIQUES.

Prix Poncelet.
Prix Francœur.

MÉCANIQUE.

Prix Montyon.
Prix Fourneyron.
Prix Henri de Parville.

ASTRONOMIE.

Prix Lalande.
Prix Damoiseau.
Prix Benjamin Valz.
Prix Janssen.
Prix Pierre Guzman.

GÉOGRAPHIE.

Prix Delalande-Guérineau.
Prix Gay.
Fondation Tchihatchef.
Prix Binoux.

NAVIGATION.

Prix de six mille francs, destiné à récompenser tout progrès de nature à accroître l'efficacité de nos forces navales.
Prix Plumey.

PHYSIQUE.

Prix L. La Caze.
Prix Hébert.
Prix Hughes.
Fondation Clément Félix.

CHIMIE.

Prix Montyon. — Arts insalubres.
Prix Jecker.
Prix L. La Caze.
Fondation Cahours.
Prix Houzeau.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

Prix Fontannes.
Prix Victor Raulin.

BOTANIQUE.

Prix Desmazières.
Prix Montagne.
Prix de Coincy.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

Prix Cuvier.
Fondation Savigny.
Prix Jean Thore.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

Prix Montyon.
Prix Barbier.
Prix Bréant.
Prix Godard.
Prix Mège.
Prix Dusgate.
Prix Bellion.
Prix du baron Larrey.

PHYSIOLOGIE.

Prix Montyon.
Prix Lallemand.
Prix L. La Caze.
Prix Martin-Damourette.
Prix Philipeaux.

STATISTIQUE.

Prix Montyon.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

Prix Binoux.

MÉDAILLES.

Médaille Arago.
Médaille Lavoisier.
Médaille Berthelot.

PRIX GÉNÉRAUX.

Prix fondé par l'État : Grand Prix des Sciences mathématiques.
Prix Bordin (Sciences physiques).
Prix Serres.
Prix Vaillant.
Prix Houllevigue (Sciences physiques).
Prix Saintour (Sciences physiques).
Prix Henri de Parville.
Prix Longchampt.
Prix Henry Wilde.
Prix Caméré.
Prix Gustave Roux.
Prix Thorlet.

FONDATIONS SPÉCIALES.

Fondation Lannelongue.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

Prix Laplace.
Prix L.-E. Rivot.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

Fondation Trémont.
Fondation Gegner.
Fondation Jérôme Ponti (Sciences physiques).
Fondation Henri Becquerel.
Fonds Bonaparte.
Fondation Loutreuil.

1921.

Prix Poncelet (Mécanique).
Prix Boileau.
Prix Pierson-Perrin.
Prix G. de Pontécoulant.
Prix Gay.
Prix Gaston Planté.
Prix Henri de Parville.
Prix Berthelot.
Prix Cuvier.
Prix Delesse.
Prix Joseph Labbé.
Prix Jean Thore.
Prix Jean de Rufz de Lavison.
Prix da Gama Machado.
Prix Argut.
Prix Fanny Emden.
Prix fondé par l'État : Grand Prix des Sciences physiques.
Prix Bordin (Sciences mathématiques).
Prix Petit d'Ormoy.
Prix Le Conte.
Prix Jean Reynaud.
Prix du baron de Joest (Sciences physiques).
Prix Parkin.
Prix Saintour (Sciences mathématiques).

1922.

Prix Kastner-Boursault.
Prix James Hall.
Prix de La Fons Mélicocq.
Prix Alhumbert (Sciences physiques).
Prix Houllevigue (Sciences mathématiques).
Prix Victor Raulin.
Fondation Jérôme Ponti (Sciences mathématiques).

1923.

Prix Pierson-Perrin.
Fondation Danton.
Prix Bigot de Morogues.
Prix Chaussier.
Prix Estrade-Delcros (Sciences mathématiques).

1924.

Prix Jean-Jacques Berger.
Prix Parkin.

1926.

Prix du baron de Joest (Sciences mathématiques).

1927.

Prix Alhumbert (Sciences mathématiques).
Prix Parkin.

1928.

Prix Estrade-Delcros (Sciencs physiques).

1929.

Prix Theurlot.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 DÉCEMBRE 1918.

PRÉSIDENCE DE M. P. PAINLEVÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** adresse ampliation du décret, en date du 2 décembre 1918, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Maurice Leblanc**, pour remplir l'une des places de la Division des *Applications de la Science à l'Industrie*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Maurice Leblanc** prend place parmi ses confrères.

La deuxième session de la Conférence interalliée des Académies scientifiques. Note de MM. **Emile Picard** et **A. Lacroix**.

La Conférence interalliée des Académies scientifiques a tenu, à Paris, du 26 au 29 novembre, sa seconde session. Elle a d'abord décidé de remplir provisoirement le rôle du Conseil international de recherches, dont la création a été votée à la réunion de Londres. Puis elle a institué immédiatement un Comité exécutif de cinq membres, chargé d'étudier dans leurs détails les questions soulevées à la Conférence, avec le concours des organismes ou personnes les mieux qualifiés.

Les associations internationales, rattachées au Conseil international de recherches, sont fondées par les pays en guerre avec l'Allemagne, et l'on a fixé les conditions sous lesquelles les neutres pourront être admis dans ces

associations une fois constituées. La Conférence s'est ensuite occupée particulièrement des associations fermées, ayant pour objet la réalisation d'œuvres nécessitant une coopération. Telles sont, par exemple, l'Union astronomique, s'occupant de toutes les questions relatives à l'astronomie, et l'Association géophysique, qui embrassera la géodésie, la sismologie et la météorologie avec le magnétisme terrestre et la vulcanologie.

De nombreuses propositions ont été prises en considération, et renvoyées, pour une étude plus approfondie, au Comité exécutif. Elles concernent la création de diverses associations internationales, la bibliographie, la nomination d'attachés techniques, les laboratoires internationaux, les questions de brevets, les échanges internationaux, etc.

L'accord le plus parfait a régné entre les délégués des pays alliés, et l'on doit espérer beaucoup de la collaboration constante qui va ainsi s'établir dans les recherches exigeant un travail collectif.

Nous donnons, ci-dessous, la liste des délégués et le texte des résolutions définitives. Les résolutions prises à Londres ont été publiées dans les *Comptes rendus* du 21 octobre 1918.

LISTE DES DÉLÉGUÉS.

Belgique. — M. **Ch. de la Vallée Poussin**, membre de l'Académie royale des sciences de Belgique, correspondant de l'Académie des sciences de Paris, professeur de mathématiques à l'Université de Louvain;

M. **Georges Lecointe**, membre de l'Académie royale des sciences de Belgique, correspondant de l'Académie des sciences de Paris, directeur de l'Observatoire royal de Belgique à Uccle;

M. **J. Massart**, membre de l'Académie royale des sciences de Belgique, professeur de botanique à l'Université de Bruxelles.

Brésil. — M. **C. D. de Carvalho**, membre de la Société royale météorologique de Londres, professeur à l'Académie des hautes études de Rio de Janeiro.

États-Unis. — M. **H. A. Bumstead**, membre de l'Académie nationale des sciences des États-Unis, professeur de physique à l'Université Yale;

M. **J. J. Carty**, membre de l'Académie nationale des sciences des États-Unis, ingénieur en chef de l'American telephon and telegraph C°;

M. **W. J. Durand**, membre de l'Académie nationale des sciences des États-Unis, professeur de mécanique appliquée à l'Université de Stanford, Californie;

M. S. **Flexner**, membre de l'Académie nationale des sciences des États-Unis, directeur du laboratoire de pathologie et bactériologie de l'Institut Rockfeller;

M. G. **Hale**, secrétaire pour l'étranger de l'Académie nationale des sciences des États-Unis, correspondant de l'Académie des sciences de Paris, directeur de l'Observatoire de Mount Wilson, Californie;

M. A. A. **Noyes**, membre de l'Académie nationale des sciences des États-Unis, professeur de chimie à l'Institut technologique de Massachusetts.

France. — M. B. **Baillaud**, membre de l'Académie des sciences, directeur de l'Observatoire de Paris;

M. G. **Bigourdan**, membre de l'Académie des sciences, astronome à l'Observatoire de Paris;

M. **Charles Flahault**, membre de l'Académie des sciences, professeur de botanique à la Faculté des sciences de Montpellier;

M. **Léon Guignard**, vice-président de l'Académie des sciences, professeur de botanique à l'École supérieure de pharmacie de Paris;

M. **Albin Haller**, membre de l'Académie des sciences, professeur de chimie organique à la Faculté des sciences de Paris;

M. A. **Lacroix**, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, professeur de minéralogie au Muséum national d'histoire naturelle;

M. **Charles Lallemand**, membre de l'Académie des sciences, directeur du nivellement général de la France;

M. **Gabriel Lippmann**, membre de l'Académie des sciences, professeur de physique à la Faculté des sciences de Paris;

M. **Charles Moureu**, membre de l'Académie des sciences, professeur de chimie au Collège de France;

M. **Paul Painlevé**, président de l'Académie des sciences, professeur de mécanique rationnelle à la Faculté des sciences de Paris;

M. **Emile Picard**, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, professeur d'analyse supérieure à la Faculté des sciences de Paris;

M. **Edmond Perrier**, membre de l'Académie des sciences, directeur du Muséum national d'histoire naturelle;

M. **Émile Roux**, membre de l'Académie des sciences, directeur de l'Institut Pasteur.

Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande. — Sir F. W. **Dyson**, membre de la Société royale de Londres, correspondant de l'Académie

des sciences de Paris, astronome royal, directeur de l'Observatoire de Greenwich;

M. **P. F. Frankland**, membre de la Société royale de Londres, professeur de chimie à l'Université de Birmingham;

M. **J. H. Jeans**, membre de la Société royale de Londres, professeur de mathématiques à l'Université de Cambridge;

M. **C. G. Knott**, secrétaire de la Société royale d'Edimbourg, professeur de mathématiques appliquées à l'Université d'Edimbourg;

M. **H. G. Lyons**, membre de la Société royale de Londres, ancien directeur général du Survey d'Égypte;

Sir **E. A. Schäfer**, membre de la Société royale de Londres, professeur de physiologie à l'Université d'Edimbourg;

M. **Arthur Schuster**, secrétaire de la Société royale de Londres, ancien professeur de physique à l'Université de Manchester;

M. **Ch. S. Sherrington**, membre de la Société royale de Londres, professeur de physiologie à l'Université d'Oxford;

M. **E. H. Starling**, membre de la Société royale de Londres, professeur de physiologie à l'Université de Londres.

Grèce. — Le délégué n'a pu arriver en temps utile.

Italie. — M. **Gaudenzio Fantoli**, membre de l'Académie royale des Lincei, professeur d'hydraulique à l'Institut technique supérieur de Milan;

M. **Raffaello Nasini**, membre de l'Académie royale des Lincei, professeur de chimie à l'Université de Pise;

M. **Vincenzo Reina**, membre de l'Académie royale des Lincei, professeur de géodésie à l'Université de Rome;

M. **Annibale Riccò**, membre de l'Académie royale des Lincei, directeur des Observatoires de Catane et de l'Etna;

M. **Vito Volterra**, membre de l'Académie royale des Lincei, associé étranger de l'Académie des sciences de Paris, professeur de physique mathématique à l'Université de Rome.

Japon. — M. **Jōji Sakuraï**, membre de l'Académie impériale des sciences de Tokyo, professeur de chimie à l'Université de Tokyo;

M. **Aikichi Tanakadate**, membre de l'Académie impériale des sciences de Tokyo, professeur honoraire à l'Université de Tokyo.

Pologne. — M. **Ladislas Mickiewicz**, délégué de l'Académie des sciences de Cracovie.

Portugal. — M. **Bettencourt Rodriguez**, membre de l'Académie des sciences de Lisbonne, envoyé extraordinaire et ministre plénipotentiaire de la République de Portugal en France.

Roumanie. — M. **Dragomir Hurmuzesco**, membre de l'Académie roumaine, professeur de physique à l'Université de Bucarest;

M. **G. Marinesco**, membre de l'Académie roumaine, professeur de physiologie à la Faculté de médecine de Bucarest;

M. **L. Mrazec**, membre de l'Académie roumaine, professeur de minéralogie et pétrographie à l'Université de Bucarest;

M. **Al. A. Soutzo**, membre de l'Académie roumaine, professeur de psychiâtrie à l'Université de Bucarest.

Serbie. — M. **Michel Petrović**, membre de l'Académie royale de Serbie, professeur de mathématiques à l'Université de Belgrade ;

M. **J. Žujović**, président de l'Académie royale de Serbie, professeur de géologie à l'Université de Belgrade.

RÉSOLUTIONS VOTÉES PAR LA CONFÉRENCE.

1. La Commission d'études, prévue à l'article 4 des résolutions de la Conférence de Londres, remplira jusqu'à nouvel ordre le rôle du Conseil international de recherches visé à l'article 6 des mêmes résolutions.

2. Les Académies ou Gouvernements représentés au Conseil international auront la faculté d'adjoindre à leur délégation de nouveaux membres appartenant soit au Conseil national prévu à l'article 5 des résolutions de Londres, soit à toute autre organisation similaire.

3. Le Conseil international instituera immédiatement un Comité exécutif de cinq membres, chargé d'étudier les questions scientifiques ou techniques qui lui auront été renvoyées par le Conseil international.

4. Le Comité exécutif étudiera également les projets d'ordre scientifique ou industriel et de caractère international, visés à l'article 4 des résolutions de la Conférence de Londres, et notamment les projets de création de nouvelles associations qui lui seront soumis par l'une des Académies représentées à la Conférence ou par un groupe de délégués, soit de ces Académies, soit d'un Conseil national de recherches.

A cet effet, le Comité exécutif pourra entrer en relations avec les organismes et les personnes jugés par lui compétents en la matière.

5. Le Comité exécutif formera des Comités spéciaux chargés d'étudier en détail la formation des nouvelles associations envisagées à l'article 1 des résolutions de la Conférence de Londres, ainsi que des associations dont la création aurait été décidée par la présente Conférence. Les membres de ces Comités ne seront pas nécessairement membres du Conseil international. (Un Comité spécial pourra nommer de nouveaux membres à la majorité des deux tiers des voix des membres qui le composent.)

6. Le Comité exécutif aura pouvoir de convoquer des réunions du Conseil international de recherches.

7. Dès que le Comité exécutif estimera que les Conseils nationaux sont en nombre suffisant pour permettre la constitution du Conseil international définitif prévu à l'article 6 des résolutions de Londres, il provoquera la réunion de ce Conseil.

Les membres du Comité exécutif résigneront alors leurs fonctions.

8. Pour les organisations sortant de la compétence des Comités spéciaux déjà constitués, le Comité pourra entrer en relations avec les organismes ou les personnes les mieux qualifiés.

9. Le Comité exécutif créera, sous sa direction, un bureau administratif.

DÉCLARATION DE PRINCIPE.

La Conférence, reconnaissant qu'en matière de science les premiers progrès sont toujours le résultat d'efforts individuels, considère comme l'une de ses tâches essentielles d'encourager tous les efforts ayant pour but de réunir les ressources et d'assurer aux savants qualifiés la liberté d'esprit nécessaire au succès des recherches scientifiques d'ordre élevé.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES APPLICABLES A LA CONSTITUTION DE TOUTES LES ASSOCIATIONS SCIENTIFIQUES INTERNATIONALES RATTACHÉES AU CONSEIL INTERNATIONAL DE RECHERCHES.

1. Pourront participer à la fondation des associations scientifiques rattachées au Conseil international de recherches ou adhérer ultérieurement aux mêmes associations, les pays dont les noms suivent : Belgique, Brésil, États-Unis, France, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande, Australie, Afrique du Sud, Canada, Nouvelle-Zélande, Grèce, Italie, Japon, Pologne, Portugal, Roumanie, Serbie.

2. Une association étant constituée, les nations non comprises dans l'énumération précédente, mais rentrant dans les conditions de l'article 1 des résolutions de la Conférence de Londres, pourront éventuellement y être admises, soit sur leur demande, soit sur la proposition de l'un des pays faisant déjà partie de l'association.

Ces demandes seront soumises au Comité international, qui décidera de leur admission à la majorité des trois quarts de voix de l'ensemble des pays déjà entrés dans l'association.

DISPOSITIONS VOTÉES CONCERNANT L'UNION ASTRONOMIQUE.

1. Entre les pays désignés à l'article 1 des Dispositions générales, applicables à toutes les associations (voir ci-dessus), il est institué, sous le nom d'*Union astronomique*, une association internationale ayant pour objet le progrès général de l'Astronomie et des sciences et arts connexes. Elle exerce principalement son action en provoquant et facilitant la réalisation des œuvres de cet ordre, qui nécessitent une coopération.

2. L'association est régie par un Comité international composé de délégués des Comités nationaux relatifs à chacun de ces pays, formés comme il est dit à l'article 3.

3. Chaque Comité national est composé de représentants des sociétés savantes et des services publics compétents, ainsi que de représentants du Gouvernement. Il est formé par les soins de l'Académie nationale des sciences du pays ou, à son défaut, par les soins du Conseil national de recherches ou bien d'autres institutions nationales.

4. Dans le Comité international, les résolutions sont prises à la majorité des membres présents pour les questions d'ordre scientifique.

Pour les questions d'ordre administratif et les questions mixtes, le vote a lieu par pays, le nombre de voix de chaque pays étant fixé d'après sa population, comme il est indiqué ci-après :

Catégorie *a* (moins de 5 millions d'habitants) : 1 délégué;
Catégorie *b* (entre 5 et 10 millions d'habitants) : 2 délégués;
Catégorie *c* (entre 10 et 15 millions d'habitants) : 3 délégués;
Catégorie *d* (entre 15 et 20 millions d'habitants) : 4 délégués;
Catégorie *e* (plus de 20 millions d'habitants) : 5 délégués.

Les habitants des colonies et protectorats d'un pays sont comptés dans la population de ce pays d'après les indications de son gouvernement.

Au contraire, chaque dominion (Afrique du Sud, Australie, Canada, etc.) a un nombre de voix correspondant à sa population et fixé d'après le barême précédent.

DISPOSITIONS VOTÉES CONCERNANT L'UNION GÉOPHYSIQUE INTERNATIONALE.

1. Entre les États désignés à l'article 1 des Dispositions générales, applicables à toutes les associations (voir ci-dessus), il est institué, sous le nom d'*Union géodésique internationale*, une association ayant pour but de provoquer, de coordonner et de faciliter, sur leurs territoires respectifs, l'exécution de tous travaux d'utilité générale intéressant l'une des branches de la Physique du globe.

2. L'Union se divise en deux sections correspondant à chacune des branches essentielles de son activité, savoir :

1° La section de géodésie avec ses annexes, notamment l'étude des marées et la cartographie mathématique;

2° La section de météorologie, à laquelle sont rattachés le magnétisme terrestre, la sismologie et la vulcanologie.

Chacune des deux sections élit son bureau, composé d'un président, d'un vice-président et d'un secrétaire.

3. L'Union est régie par un Comité international formé de délégués des Comités nationaux constitués, en vue du même objet, dans les divers pays associés.

4. Dans chaque pays, le Comité national est créé par les soins de l'Académie nationale des sciences, ou, à son défaut, par le Gouvernement.

Il se compose de représentants des sociétés savantes intéressées et de délégués, nommés par le Gouvernement, pour les services publics compétents.

5. Dans le Comité international, les résolutions sont prises à la majorité des membres présents pour les questions d'ordre scientifique.

Pour les questions d'ordre administratif et les questions mixtes, le vote a lieu par pays, le nombre de voix de chaque pays étant fixé d'après sa population comme il est indiqué ci-après :

Catégorie *a* (moins de 5 millions d'habitants) : 1 délégué;
Catégorie *b* (entre 5 et 10 millions d'habitants) : 2 délégués;
Catégorie *c* (entre 10 et 15 millions d'habitants) : 3 délégués;
Catégorie *d* (entre 15 et 20 millions d'habitants) : 4 délégués;
Catégorie *e* (plus de 20 millions d'habitants) : 5 délégués.

Les habitants des colonies et protectorats d'un pays sont comptés dans la population de ce pays d'après les indications de son gouvernement.

Au contraire, chaque dominion (Afrique du Sud, Australie, Canada, etc.) a un nombre de voix correspondant à sa population et fixé d'après le barême précédent.

COMITÉ EXÉCUTIF.

La Conférence élit comme membres du Comité exécutif MM. Hale, Lecointe, Émile Picard, Schuster, Volterra.

Le Comité exécutif choisit M. Émile Picard comme président, M. Schuster comme secrétaire, et décide que le siège du Bureau administratif sera, jusqu'à nouvel avis, à Londres.

M. P. **Termier** fait hommage à l'Académie du dernier fascicule de la traduction, faite sous la direction de M. Emmanuel de Margerie, de l'Ouvrage de Ed. Suess : *Das Antlitz der Erde* (*La Face de la Terre*) auquel il a ajouté un *Epilogue*.

M. W.-W. **Campbell** adresse des photographies de l'éclipse de Soleil du 8 juin 1918, prises à l'*Observatoire Lick*, Université de Californie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Guerre** invite l'Académie à lui désigner un de ses Membres qui fera partie de l'*Office des sépultures militaires*, institué par arrêté ministériel en date du 25 novembre 1918.

M. **J.-A. Battandier**, élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **Sauvageau**, élu Correspondant pour la Section de Botanique, adresse des remercîments à l'Académie.

MM. **F. Brodin**, **L. Bruntz** et **Marcel Jaloux**, **Joseph Chalier**, **Marcel Guichard**, **C. Gutton**, **J. Dumas**, **A. Rochaix**, **Roussy** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

MM. **R. Anthony**, **E. Ariès**, **Henry Bourget**, **Menegaux**, **Ch. Moureu**, **M. Cossmann** et le Directeur de l'**École nationale vétérinaire de Toulouse** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur la *Fondation Loutreuil*.

MM. **E. de Boury**, **Le Morvan** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur le *Fonds Bonaparte*.

M. **P. Langevin** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Clément Félix*.

M. **Ch. Frémont** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Trémont*.

MM. **Jean Nageotte** et **Louis Sencert**, **Paul Brodin** et **François Saint-Girons** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur la *Fondation Charles Bouchard*.

MM. **Fr. Gagnepain**, **Émile Gadeceau** adressent des Rapports relatifs aux travaux qu'ils ont effectués, grâce à la subvention qui leur a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1917.

M. **Louis Roule** adresse un Rapport sur les travaux qu'il a exécutés à l'aide de la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Loutreuil* en 1917.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Essais de Paléoconchyliologie, par M. Cossmann. (Ouvrage imprimé à l'aide d'une subvention accordée par l'Académie sur le *Fonds Loutreuil.* (Présenté par M. H. Douvillé.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Intégration d'une équation aux dérivées partielles de la dynamique des fluides.* Note de M. **Jules Drach.**

1. On a, pour étudier le mouvement *permanent* d'un fluide, lorsque les vitesses sont parallèles à un plan fixe et indépendantes de la distance à ce plan, les équations d'Euler :

$$\rho \frac{du}{dt} = -\frac{\partial p}{\partial x}, \qquad \rho \frac{dv}{dt} = -\frac{\partial p}{\partial y},$$

où ρ désigne la densité au point (x, y), p la pression, u et v les composantes de la vitesse en ce point. Il faut leur ajouter l'équation de *continuité*

$$\frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} = 0,$$

et la relation *complémentaire*. Lorsque cette dernière donne pour p une fonction de ρ, ces équations conduisent à une intégrale première :

$$\frac{1}{2}(u^2 + v^2) + \int \frac{dp}{\rho} = \text{const.};$$

c'est ce qui arrive, en particulier, si l'on peut appliquer au mouvement du fluide la relation $p = \alpha^2 \rho$, qui régit les gaz parfaits en équilibre, à température constante.

Nous supposerons, en outre, le mouvement *sans tourbillons;* en posant $u = \frac{\partial \varphi}{\partial x}$, $v = \frac{\partial \varphi}{\partial y}$, le potentiel des vitesses, φ, devra satisfaire à l'équation

$$(1) \qquad \alpha^2 \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} \right) = \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} \right)^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial \varphi}{\partial x} \frac{\partial \varphi}{\partial y} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y} + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y} \right)^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2}.$$

Cette équation a été signalée par M. Stodola [1], qui en a étudié des solutions très particulières; nous avons réussi à l'intégrer complètement par quadratures.

Ajoutons qu'à toute solution φ, l'intégrale première indiquée fait correspondre une fonction ρ, connue, qui est un multiplicateur de la différentielle $v\,dx - u\,dy$; *on a donc les lignes de courant par une quadrature.*

2. Si l'on pose $\varphi = \alpha z$, l'équation (1) s'écrit

$$(1 - p^2)r - 2pqs + (1 - q^2)t = 0, \tag{2}$$

p, q désignant les dérivées premières, r, s, t les dérivées secondes de z. Suivant que l'on a $p^2 + q^2 > 1$ ou $p^2 + q^2 < 1$, c'est-à-dire *suivant que la vitesse permanente en (x, y) est supérieure ou inférieure à la vitesse α de propagation du son dans le fluide, les caractéristiques de (2) sont réelles ou imaginaires.* On sait à quelles différences profondes cela correspond, d'après les recherches classiques de M. Émile Picard et d'autres savants, pour les propriétés des intégrales et les conditions aux limites qu'on peut leur imposer.

A ce point de vue, l'équation (2) est à rapprocher de l'équation

$$(1 - p^2)t + 2pqs + (1 - q^2)r = 0, \tag{3}$$

qui se déduit de celle des surfaces minima, en changeant x en ix, y en iy, et que l'on étudie aisément.

Appliquons aux équations (2) et (3) la transformation de Legendre, ce qui donne, au lieu de (2),

$$(1 - X^2)T + 2XYS + (1 - Y^2)R = 0. \tag{Σ}$$

Les caractéristiques de la transformée de (3) sont les deux familles de demi-tangentes au cercle (C) : $X^2 + Y^2 = 1$. Les caractéristiques de (Σ) sont leurs trajectoires orthogonales, c'est-à-dire des *développantes* de ce cercle; si l'on pose

$$X = \cos\beta - l\sin\beta, \qquad Y = \sin\beta + l\cos\beta,$$

leurs équations sont respectivement

$$u = \beta + l, \qquad v = 2\pi - \beta + l - 2\,\mathrm{arc\,tang}\,l,$$

---

[1] A. Stodola, *Les turbines à vapeur*, Paris, 1906, p. 518.

et l'équation (Σ) prend, avec ces variables, la forme simple

$$(\Sigma') \qquad \frac{\partial^2 z}{\partial u\, \partial v} + \frac{1 - l^4}{4 l^3}\left(\frac{\partial z}{\partial u} + \frac{\partial z}{\partial v}\right) = 0.$$

3. L'équation (Σ') se ramène à une équation à invariants égaux, identique à son adjointe, de la forme

$$(4) \qquad \frac{\partial^2 Z}{\partial u\, \partial v} = \varphi(u + v).Z,$$

qui fait partie des équations *harmoniques* de Darboux.

Des indications de Riemann, complétées par M. Zaremba (1), nous permettent, en posant $\xi = u + v$, $\eta = u - v$, de réduire la détermination de la *fonction de Riemann* à des quadratures et à l'intégration de l'équation linéaire

$$(5) \qquad \frac{d^2 f}{d\xi^2} = [\varphi(\xi) + \mu^2] f,$$

où μ est un paramètre arbitraire. On a simplement

$$U(\xi_1, \eta_1; \xi_0, \eta_0) = \frac{2}{\pi}\int_0^\infty [f_1(\xi_0) f_2(\xi_1) - f_1(\xi_1) f_2(\xi_0)] \cos\mu(\eta_0 - \eta_1)\, dy_0,$$

f_1, f_2 désignant deux solutions de (5) pour lesquelles

$$f_1\, df_2 - f_2\, df_1 = d\xi.$$

Dans le cas actuel, si l'on prend comme variable indépendante $t = l^2$ au lieu de ξ, on trouve pour f une équation linéaire, qui se ramène à une forme voisine de l'équation de Bessel et qui s'intègre par la méthode de Laplace, *quel que soit* μ.

La question est donc, *théoriquement*, traitée pour le cas des caractéristiques réelles. On sait, par les recherehes de MM. E. Picard, Hadamard et Goursat, dans quelle mesure elle peut l'être alors lorsque u et v sont des imaginaires conjuguées.

Le détail de ces calculs et des applications simples qu'on en peut faire fera l'objet d'un travail spécial.

---

(1) ZAREMBA, *Annales de l'École Normale supérieure*, 1890, p. 134.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'extension, aux intégrales multiples, du théorème concernant l'échange de l'amplitude et du paramètre dans les intégrales hyperelliptiques.* Note de M. **A. Buhl.**

Soit $P(x)$ un polynome de degré quelconque auquel j'associerai immédiatement le *polynome* à deux variables

$$U(x, y) = \frac{(x-y)[P'(x)+P'(y)] - 2P(x) + 2P(y)}{2(x-y)^2}.$$

Je considère, en outre, une aire plane s, de contour c, et l'*identité*

$$\int_c X\, dY = \int\int_s dX\, dY. \tag{1}$$

La transformation

$$X = \frac{\sqrt{P(x)P(y)}}{x-y}, \qquad Y = \int_{x_0}^{x} \frac{dx}{P(x)} - \int_{y_0}^{y} \frac{dy}{P(y)} \tag{2}$$

change cette identité (1) en

$$\int_C \frac{\sqrt{P(x)}\, dy}{(x-y)\sqrt{P(y)}} - \int_C \frac{\sqrt{P(y)}\, dx}{(x-y)\sqrt{P(x)}} = \int\int_S \frac{U(x, y)}{\sqrt{P(x)P(y)}} dx\, dy. \tag{3}$$

On retrouve ainsi une égalité déjà grandement utilisée par Jacobi et Weierstrass et dont les applications peuvent être fort diverses. M. Émile Picard (¹) la fait intervenir dans la classification et l'étude de la structure des intégrales doubles de seconde espèce.

Pour Charles Hermite (²) le rôle principal de (3) apparaît en prenant, pour contour C, un rectangle à côtés parallèles aux axes Oxy. Alors la symétrie des intégrales du premier membre et la possibilité de considérer le second comme une somme de produits tels que

$$\int \frac{x^m\, dx}{\sqrt{P(x)}} \cdot \int \frac{y^n\, dy}{\sqrt{P(y)}}, \tag{4}$$

(¹) *Fonctions algébriques de deux variables*, t. II, p. 199 et 229.

(²) *Œuvres*, t. II, p. 202.

constituent l'échange de l'amplitude et du paramètre dans les intégrales elliptiques et hyperelliptiques.

Ceci étant rappelé, voici maintenant ce qui me semble digne d'être noté.

Si l'on recourt, pour établir (3), à la méthode qui précède, on est immédiatement et intuitivement conduit à l'extension concernant le cas de n variables.

Pour plus de brièveté, je prends $n = 3$ et je considère l'identité

$$\iint_s \mathrm{X}\, d\mathrm{Y}\, d\mathrm{Z} = \iiint_v d\mathrm{X}\, d\mathrm{Y}\, d\mathrm{Z}, \tag{5}$$

où s est une surface fermée contenant un volume v.

La transformation

$$\left\{\begin{aligned} \mathrm{X} &= \frac{\sqrt{\mathrm{P}(x)\mathrm{P}(y)}}{x-y} + \frac{\sqrt{\mathrm{P}(y)\mathrm{P}(z)}}{y-z} + \frac{\sqrt{\mathrm{P}(z)\mathrm{P}(x)}}{z-x}, \\ \mathrm{Y} &= \int_{x_0}^{\infty} \frac{dx}{\mathrm{P}(x)} - \int_{y_0}^{y} \frac{dy}{\mathrm{P}(y)}, \\ \mathrm{Z} &= \int_{x_0}^{x} \frac{dx}{\mathrm{P}(x)} - \int_{z_0}^{z} \frac{dz}{\mathrm{P}(z)} \end{aligned}\right. \tag{6}$$

change (5) en une égalité entre l'intégrale double

$$\iint_{\mathrm{S}} \left[\frac{\sqrt{\mathrm{P}(x)\mathrm{P}(y)}}{x-y} + \frac{\sqrt{\mathrm{P}(y)\mathrm{P}(z)}}{y-z} + \frac{\sqrt{\mathrm{P}(z)\mathrm{P}(x)}}{z-x}\right] \frac{\alpha\mathrm{P}(x)+\beta\mathrm{P}(y)+\gamma\mathrm{P}(z)}{\mathrm{P}(x)\mathrm{P}(y)\mathrm{P}(z)}\, d\sigma, \tag{7}$$

étendue à une surface fermée quelconque S, et l'intégrale triple

$$\iiint_{\mathrm{V}} \left[\frac{\mathrm{U}(x,y)}{\mathrm{P}(x)\sqrt{\mathrm{P}(x)\mathrm{P}(y)}} + \frac{\mathrm{U}(y,z)}{\mathrm{P}(x)\sqrt{\mathrm{P}(y)\mathrm{P}(z)}} + \frac{\mathrm{U}(z,x)}{\mathrm{P}(y)\sqrt{\mathrm{P}(z)\mathrm{P}(x)}}\right] d\tau, \tag{8}$$

étendue au volume V contenu dans S. Dans (7), α, β, γ sont les cosinus directeurs de la normale à S.

Si l'on prend pour S un parallélépipède d'arêtes parallèles aux axes $Oxyz$, l'intégrale (8) se scinde en une somme de produits tels que

$$\int \frac{x^m\, dx}{\sqrt{\mathrm{P}(x)}} \cdot \int \frac{y^n\, dy}{\sqrt{\mathrm{P}(y)}} \cdot \int \frac{dz}{\mathrm{P}(z)}. \tag{9}$$

Le théorème ainsi obtenu n'est pas essentiellement plus compliqué, au

point de vue transcendant, que le théorème relatif au cas de deux variables. Les produits (9) ne diffèrent de (4) que par une intégrale élémentaire, à expression algébrico-logarithmique. Cette conclusion subsiste pour n variables.

Quant aux transformations algébrico-logarithmiques (2), (6) et leurs extensions immédiates au cas de n variables, leur portée dépasse évidemment le cas où l'on aboutit finalement à une intégrale multiple étendue à un rectangle, un parallélépipède ou un prismatoïde. Même dans de tels cas, il semble qu'elles puissent être approfondies avec grand intérêt. Ainsi lorsque le contour C, de l'égalité (3), est un rectangle, le contour c de (1) est évidemment une sorte de quadrilatère dont les côtés sont des courbes algébrico-logarithmiques; le théorème concernant l'échange de l'amplitude et du paramètre revient à exprimer de deux manières l'aire de ce quadrilatère. Les courbes limitant celui-ci mériteraient vraisemblablement une étude plus détaillée; il en serait de même pour les surfaces algébrico-logarithmiques correspondant, par (6), aux faces d'un parallélépipède et de même pour les hypersurfaces correspondant aux faces d'un prismatoïde. Je me propose de revenir ailleurs sur ces différents points.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains polynomes se rattachant aux coefficients de Laplace.* Note (¹) de M. **Armand Lambert**, présentée par M. B. Baillaud.

On sait que *les coefficients de Laplace* $b_s^{(k)}$, qui proviennent du développement suivant les puissances croissantes de z

$$\left[(1-\alpha z)\left(1-\frac{\alpha}{z}\right)\right]^{-s}=\sum b_s^{(k)} z^k \qquad \left(|\alpha|<1,\ |z|=1,\ s=\frac{1}{2},\frac{3}{2},\frac{5}{2},\dots\right)$$

sont des fonctions de α dont le calcul se ramène à celui de deux quelconques d'entre elles : choisissons $b_s^{(0)}$, $b_s^{(1)}$. On a

$$b_s^{(k)} = P_k b_s^{(0)} + Q_k b_s^{(1)}, \tag{1}$$

P_k et Q_k étant des fonctions rationnelles de α. On sait aussi qu'entre trois fonctions b de même indice inférieur et dont les indices supérieurs

(¹) Séance du 25 novembre 1918.

sont trois entiers consécutifs ($k+1$, k, $k-1$) existe une relation linéaire.

La même relation, évidemment, s'écrit entre les P et les Q correspondants, et l'on a

$$(2)\qquad \begin{cases} (s-k-1)\,P_{k+1}+k\eta\,P_k-(s+k-1)\,P_{k-1}=0,\\ (s-k-1)\,Q_{k+1}+k\eta\,Q_k-(s+k-1)\,Q_{k-1}=0,\end{cases}$$

où l'on a posé $\eta=\dfrac{1+\alpha^2}{\alpha}$.

L'élimination de η entre les équations (2) donne

$$(3)\qquad P_{k+1}Q_k-Q_{k+1}P_k=-\frac{s+k-1}{s-k-1}(P_kQ_{k-1}-Q_kP_{k-1}).$$

Si l'on écrit la suite des relations (3) pour les valeurs décroissantes de k et si l'on tient compte des valeurs $P_0=1$, $P_1=0$, $Q_0=0$, $Q_1=1$, la multiplication membre à membre de toutes ces égalités donne finalement

$$(4)\qquad P_{k+1}Q_k-Q_{k+1}P_k=(-1)^{k+1}\frac{s(s+1)\ldots(s+k-2)(s+k-1)}{(s-2)(s-3)\ldots(s-k)(s-k-1)}.$$

En particulier, pour $s=\frac{1}{2}$,

$$(4')\qquad P_{k+1}Q_k-Q_{k+1}P_k=-\frac{1}{2k+1}.$$

Or les P et les Q sont des *polynomes* en η. On reconnaît sans peine que

P_{k+1} est de degré $k-1$, P_k est de degré $k-2$,
Q_{k+1} est de degré k, Q_k est de degré $k-1$.

Il en résulte *que les polynomes P_k et Q_k se déduisent de P_{k+1} et Q_{k+1} par les opérations de la recherche du plus grand commun diviseur entre ces deux polynomes qui sont d'ailleurs premiers entre eux*, et l'on voit ainsi le lien qui unit toute la suite des polynomes P et Q relatifs à un même indice s.

MÉCANIQUE. — *Nouvelle machine pour mesurer la résistance de la fonte par la méthode du cisaillement.* Note de M. CH. FRÉMONT, présentée par M. L. Lecornu.

Dans l'industrie, la recette des pièces de fonte s'effectue actuellement sur des éprouvettes fondues à part. Ce procédé, utile pour guider le métallur-

giste dans le choix de la matière première, ne renseigne pas sur la qualité du métal de la pièce finie : celle-ci à cause des conditions variées de la fabrication est très différente de celle de l'éprouvette.

En effet la température de coulée, la vitesse de refroidissement, la température au démoulage, le procédé de moulage, l'étuvage, l'orientation du moule à la coulée, l'épaisseur, la forme des pièces coulées, etc., sont autant de facteurs agissant sur la qualité du métal de la pièce finie.

Pour se bien renseigner sur la qualité d'une pièce finie, il est indispensable d'extraire les éprouvettes de la pièce même qui sera utilisée, et, pour cela, il faut que les dimensions de cette éprouvette soient très réduites pour en permettre la prise dans les diverses parties et à diverses profondeurs de la pièce finie sans nuire à son utilisation.

Ainsi on peut profiter de trous devant servir pour l'ajustage de la pièce; en les perçant avec le trépan (*fig.* 1) on réserve au centre du trou un petit

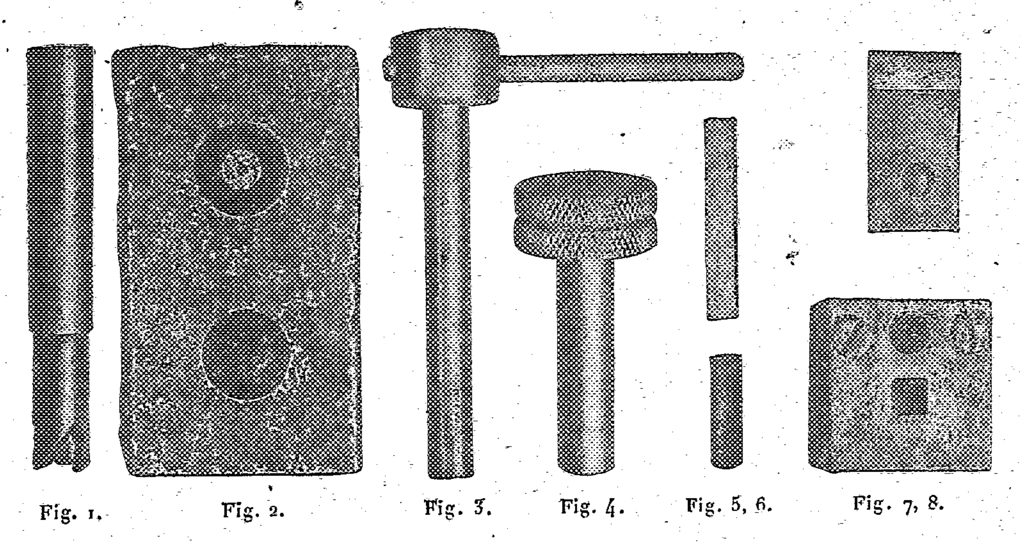


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5, 6. Fig. 7, 8.

cylindre de métal (*fig.* 2) qui, détaché ensuite par le procédé connu de deux tubes excentrés (*fig.* 3 et 4), donne l'éprouvette cylindrique (*fig.* 5).

Parfois on peut détacher de la pièce une petite éprouvette prismatique (*fig.* 6).

Ces éprouvettes sont essayées au cisaillement avec la lame mobile (*fig.* 7), guidée dans le bloc (*fig.* 8) qui porte la lame fixe.

La résistance au cisaillement de la fonte a la même valeur que la résistance à la traction.

La méthode de cisaillement est, pour la fonte, préférable à la méthode de traction, parce que dans cette dernière le résultat de l'essai est toujours plus ou moins faussé par un effort de flexion.

En outre le volume de métal nécessaire pour effectuer un cisaillement est beaucoup moindre que celui qui est exigé pour les essais habituels de traction et de choc.

Ainsi les éprouvettes (*fig.* 5 et 6) que j'utilise ont une section de 25^{mm^2},

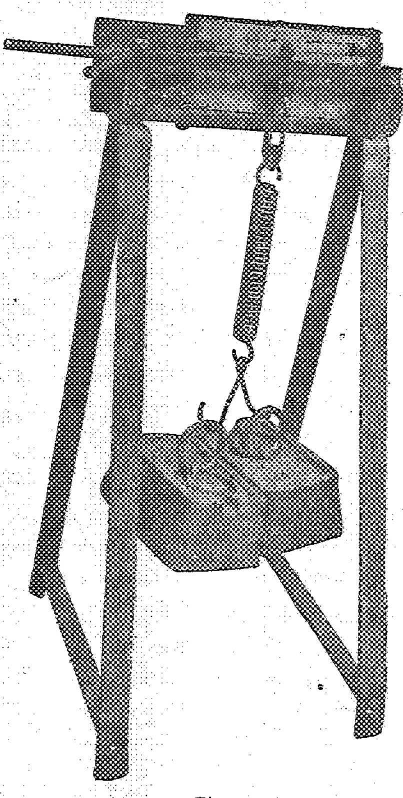


Fig. 9.

une longueur d'environ 20^{mm} et un poids de 4^g à 5^g; elles sont suffisantes pour effectuer cinq essais de cisaillement, ce qui correspond à moins de 1^g de métal par essai; or les éprouvettes habituelles de traction pèsent environ 1^{kg}, soit 1000 fois plus, et les éprouvettes normales de choc, de $40^{mm} \times 40^{mm} \times 200^{mm}$, pèsent 2500^{kg}, soit 2500 fois plus.

La machine à essayer (*fig.* 9), construite sur le principe de la romaine, est constituée par un levier du second genre qui appuie sur la lame mobile de la cisaille et transmet l'effort croissant avec l'avancement sur le levier du curseur chargé, jusqu'à la rupture brusque par cisaillement de l'éprouvette.

La charge qui agit sur le curseur est suspendue par un ressort pour amortir le choc au moment de la rupture.

Un crayon, solidaire du curseur, en trace en vraie grandeur la course exacte et donne par suite la longueur du grand bras du levier au moment de la rupture. L'effort qui a produit le cisaillement de l'éprouvette est égal à la charge multipliée par le rapport des bras du levier de la romaine au moment de ce cisaillement.

Le tarage de la machine peut être effectué rapidement en présence des intéressés.

Cette machine convient également pour l'essai d'écrasement des chaux et ciments sur cubes de 20^{mm} de côté.

GÉOLOGIE. — *Corrélation probable, d'après la théorie de l'isostasie, des déplacements des niveaux de base et des oscillations des fronts glaciaires. Formation première des ombilics.* Note (¹) de M. Ch. Gorceix, présentée par M. Pierre Termier.

La présence des terrasses dans la vallée du Rhône, en relations altimétriques avec les terrasses fluvio-glaciaires, a fait poser les questions suivantes : 1° le creusement des vallées glaciaires ne serait-il pas dû uniquement à un abaissement du niveau de base; 2° les déplacements des niveaux de base ont-ils coïncidé avec les oscillations des fronts glaciaires; 3° quelle est la cause de cette coïncidence, si elle existe?

La théorie de l'*isostasie* d'Hayford permet de répondre à ces trois questions.

On conçoit sans peine que tout changement survenant à la surface de la Terre et *ayant une importance assez grande* pour pouvoir vaincre les résistances latérales fera jouer la loi de l'isostasie dans un certain rayon : un système de voussoirs surchargés s'enfoncera et refoulera le magma visqueux de la pyrosphère sous les voisins qui se soulèveront. Appliquons ce principe

(¹) Séance du 25 novembre 1918.

à un glacier voisin de la mer par une partie seulement de son périmètre, c'est le cas général. Remarquons d'abord que le niveau d'une mer ouverte ne change pas quand une partie de son fond se soulève. Supposons l'équi-

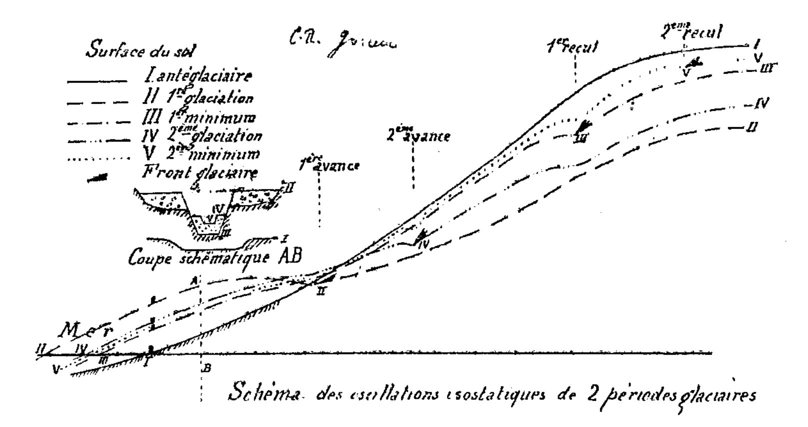


Schéma des oscillations isostatiques de 2 périodes glaciaires

libre établi avant la glaciation et écrivons qu'après le maximum d'avancement il s'est rétabli par isostasie.

Soient : S la surface des voussoirs qui s'enfoncent, sous l'influence d'une épaisseur *moyenne* H de glace, d'une profondeur moyenne h; S_m et S_t les surfaces maritime et terrestre des voussoirs qui se sont soulevés à la fin de la glaciation respectivement de h_m et h_t en moyenne ; $\delta = 2,7$ le poids spécifique du magma à une profondeur un peu inférieure à 96^{km} (base d'isostasie); on aura

$$0,92\,\mathrm{HS} - h\mathrm{S}\delta = \mathrm{S}_m h_m(\delta - 1) + \mathrm{S}_t d_t \delta \qquad \text{(équilibre des masses totales)},$$

$$\mathrm{S}h = \mathrm{S}_m h_m + \mathrm{S}_t h_t \qquad \text{(constance du volume du magma déplacé)}.$$

Ces deux équations à cinq inconnues h, h_m, h_t, S_m, S_t ne permettent pas de les déterminer et de définir la déformation.

Pour deux cas particuliers elles se simplifient :

1° Glacier entouré par la mer ($S_t = h_t = 0$), on trouve

$$h = 0,21\,\mathrm{H};$$

2° Glacier éloigné de la mer ($S_m = h_m = 0$), on trouve

$$h = 0,17\,\mathrm{H}.$$

Ces valeurs sont indépendantes de S, S_m, S_h.

Pour le cas général, on a évidemment

$$0{,}17\,H < h < 0{,}21\,H,$$

et, en prenant $h = 0{,}19\,H$, on a une valeur approchée au moins à 12,5 pour 100 et beaucoup plus simple que la formule exacte.

Nous voyons donc :

1° Que le niveau de base *relatif* s'élève pendant la glaciation et s'abaisse à son recul, mais qu'en réalité *il n'y a pas de changement dans le niveau de la mer*. Le rivage s'avance en mer ou recule en suivant les mouvements du front glaciaire.

2° Si nous cherchons à déduire H des hauteurs h des terrasses du bassin du Rhône, d'après Depéret, pour les Alpes et de la montagne de Bort, d'après Glangeaud, pour le Massif central, nous trouverons des épaisseurs moyennes de glacier de l'ordre de grandeur de celles qui ont dû exister.

Alpes ($h : H = 0{,}19$).		Plateau central ($h : H = 0{,}17$).	
h.	H.	h.	H.
140^m-155^m (Pliocène)...	735^m-815^m	163^m.................	960^m
95 (Prérissien).	454	110.................	650
55-60 (Rissien)....	290-316	60.................	353
15-18 (Würmien)..	79-100	10-15.................	59-88

Dans le poids de la glace se trouve compris celui des roches emportées par érosion, les hauteurs réelles des glaciers seraient un peu plus faibles que celles calculées ci-dessus.

3° La cause des variations du niveau de base est l'avance et le recul du glacier, mais remarquons qu'il y a réciprocité, au moins en partie; l'enfoncement du voussoir glaciaire y élève les isothermes et provoque la fusion. Ce résultat suffit à peu près à expliquer les oscillations glaciaires.

Cette théorie semble admettre que les abaissements et soulèvements se sont faits réellement par voussoirs séparés par des failles. Il est possible qu'il en soit ainsi dans les zones, comme le Plateau central, où l'on constate des dénivellations entre compartiments voisins, dénivellations qui s'expliqueraient peut-être mieux par l'isostasie que par les effondrements si problématiques qui semblent toujours invoquer la notion de vide, dont la nature n'a jamais cessé d'avoir horreur. Mais dans les régions plissées, en raison même de ce plissement qui rend l'écorce plus élastique dans le sens longi-

tudinal, le mouvement se rapproche d'un mouvement de bascule : plus intense au milieu du glacier, à peu près nul au bord, il change de sens au delà. La zone neutre varie d'une glaciation à une autre et pendant la même glaciation.

Ce mouvement de bascule peut expliquer la formation des *ombilics*. La vallée sous-glaciaire voit, au retour de la glaciation, une contre-pente se former vers l'aval, à partir de la ligne neutre indiquée ci-dessus; son érosion arrive peut-être à maintenir le passage de l'eau, mais lorsque le glacier arrive en ce point il s'étale sur la contre-pente, s'y accumule pour la franchir, produisant là un surcroît de charge qui avance vers l'aval la ligne neutre et l'enfonce davantage. La présence de tous ces ombilics à la sortie des glaciers sur la plaine et surtout leur formation si discutée, serait ainsi expliquée.

On voit, par ce nouvel exemple, de quelles ressources peut être la théorie de l'isostasie en géologie.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur une conciliation possible des théories hydrique et anhydre du volcanisme.* Note [1] de M. **A. Guébhard**, présentée par M. H. Douvillé.

La conception du volcanisme comme dû simplement à la propriété naturelle [2] qu'ont les laves de foisonner en se solidifiant et de réagir, sitôt emprisonnées, pour s'échapper par toutes les fissures, exclut *ipso facto* l'intervention de l'eau. Ce n'est qu'après une chute de plus de 1500° que l'eau put venir, à l'état liquide, laver le plancher qui la séparait pour toujours du magma : plancher de scories de M. H. Douvillé, déjà surélevé par la concrétion des derniers dégorgements de l'atmosphère et renforcé inférieurement par une coque ferrugineuse, toujours s'épaississant. Dès cette époque, les fissures axiales des géosynclinaux [3] ne laissaient plus passer que par

---

(1) Séance du 25 novembre 1918.

(2) La nécessité du foisonnement a été de tout temps si bien ressentie qu'on ne compte plus les ingénieuses hypothèses imaginées pour en doter le magma par l'intermédiaire de l'eau, comme s'il s'agissait de chaux vive ou de plâtre, sans songer que, sous nos yeux, la fonte des hauts fourneaux et, mieux encore, la propre lave des volcans montrent, comme l'eau, la propriété de former des « glaçons » flottants et de se solidifier par la surface en s'encroûtant du dehors au dedans.

(3) Voir ma Note du 25 mars 1918 *sur la notion de « géosynclinal »*.

quelques bouches isolées les extravasations poussées au dehors sans la moindre intervention de l'eau. Présentement enfin, les multiples analyses d'émanations faites sur place par M. Albert Brun ([1]) ont fourni la démonstration chimique que, dans aucun cas, l'eau des fumerolles ne pouvait être regardée comme de provenance magmatique. Ainsi se trouvent d'accord la Chimie et la Physique pour trancher la longue discussion pendante des théories neptunienne et plutonienne du volcanisme : la *nécessité* de l'intervention de l'eau ne saurait plus se soutenir.

Est-ce à dire qu'il faille en nier la possibilité, en tant que cause *seconde*, auxiliatrice accidentelle des propriétés intrinsèques du magma et, peut-être même, provocatrice de la plupart des manifestations bruyantes qui ont le privilège de détourner l'attention du haut enseignement donné par les tranquilles bavures du type hawaïen, ces vrais manomètres à déversement, attestant qu'à travers toute l'épaisseur de la triple croûte (ferrisphère-protosphère-lithosphère) des communications subsistent avec la pyrosphère et permettent au travail du foisonnement interne de manifester par des épanchements sa continuité et son importance ? A vrai dire, la hauteur de la colonne au-dessus du réservoir commun permettrait, si elle était connue, de préciser *a minima* l'énorme pression à laquelle est soumis le magma fluide ([2]).

Or cette pression doit se retrouver la même, à quelques perturbations près, dans toutes les autres cheminées ([3]), y compris celles qui se trouvent en partie ou totalement obturées. Dans ces dernières, la hauteur diminuée

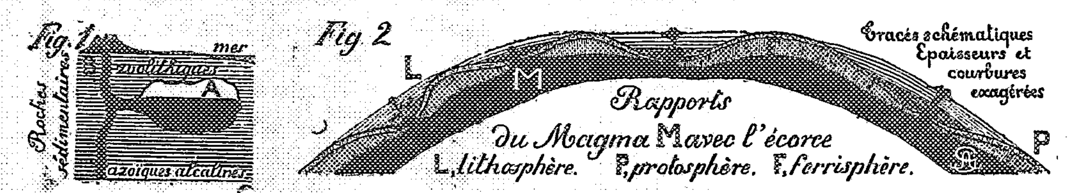
---

([1]) Albert Brun, *Recherches sur l'exhalaison volcanique*, Genève, 1911. D'ailleurs, ne voit-on pas l'activité volcanique sur la Lune arrêtée juste au moment où l'eau réabsorbée serait le plus à portée du foyer magmatique ?

([2]) Pour qu'une telle pression, agissant sous notre « mince » écorce, n'y produise pas un effet de crève-tonneau, il faut tout de même que la solidité en soit autre que celle que W. Thomson (*British Association*, 1867) supposait incapable de résister à un simple flux de marée interne.

([3]) Tandis que les mathématiciens ne font entrer dans leurs calculs que des surfaces géométriquement définies, il faut bien se rendre compte que si, à la rigueur, on peut admettre la forme sphéroïdale pour la barysphère nucléaire, sur laquelle repose la pyrosphère liquide, la coque qui sert de plafond, tout en ayant dans son ensemble un profil extérieur ellipsoïdal, est constituée, dans son détail, par le raccord marginal d'un grand nombre de calottes et de fuseaux convexes, à pourtours plus ou moins irréguliers et défléchis, traversés d'autant de cheminées qu'il y a eu sur la terre de volcans

par la contre-pression gazeuse de la chambre d'arrêt, fera de celle-ci un laboratoire où, de la rencontre des laves chaudes avec les éléments divers de la croûte froide, pourront naître des réactions susceptibles de triompher brusquement de la résistance opposée à la poussée immanente du magma



et de donner libre cours à une éruption cataclysmale. Cependant, étant données les conditions de pression et de chaleur où s'élaboreront ces phénomènes, en chambre close, il semble encore difficile d'admettre que l'eau y puisse avoir accès suffisamment pour jouer le rôle de cause efficiente. Ce sera plutôt dans quelque diverticulum laccolithique ([1]) branché latéralement sur un trajet mal obturé (*fig.* 1) que, dans des conditions thermiques atténuées, cessera d'être invraisemblable, sous l'une ou l'autre des multiples formes imaginées, cette intervention de l'eau, susceptible, ni plus ni

---

en activité, ce qui donne à la surface limite de la pyrosphère l'aspect (*fig.* 2) d'une châtaigne hérissée de piquants et sillonnée de crêtes rentrantes. Comme chaque piquant représente une colonne montante de manomètre à air libre ou comprimé, souvent muni, sur un trajet plus ou moins gêné, de chambres d'amortissement latérales; comme en dessous de chacun des boucliers flottants se poursuit le passage à l'état solide des couches légères immobilisées, on se demande comment, sous des pressions formidables, exclusives de toute présence de gaz, pourraient, mieux que la surface libre de nos Méditerranées, se prêter à des mouvements de marées, les couches les plus denses du magma visqueux, triplement freiné par les oscillations régulatrices des colonnes montantes, par le travail de la solidification et par le compartimentage des saillies internes.

([1]) Au lieu qu'on ne comprend pas plus la genèse que le fonctionnement possible des « poches » autonomes disséminées dans l'épaisseur de la lithosphère au gré de la fantaisie de certains auteurs, la figure 1 fait saisir comment une surpression quelconque née en A doit se transmettre à la colonne B et produire une extravasation, d'abord des laves demeurées en contact avec les couches supérieures de l'écorce, avec fumerolles acidifiées, hydratées, puis des laves qui ont séjourné au milieu des roches alcalines de profondeur, et enfin de celles qui arrivent directement du magma central anhydre.

moins que toute autre réaction explosive née sur les longs kilomètres d'ascension à travers l'écorce, de déclencher à distance la force vive, contenue à l'état potentiel, du magma, sans avoir eu jamais avec lui de contact direct, ni jouer d'autre rôle que celui d'étincelle mettant le feu aux poudres.

Ainsi peuvent se concilier, dans ce que chacune pouvait avoir de juste, les deux théories du volcanisme, que leur exclusivisme opposait trop complètement l'une à l'autre.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la vie saprophytique d'un* Entomophthora (E. Henrici *n. sp.*). Note de M. MARIN MOLLIARD, présentée par M. Gaston Bonnier.

La famille des Entomophthorées comprend trois genres, *Conidiobolus*, *Basidiobolus* et *Delacroixia* Sacc. et Syd. (*Boudierella* Cost.) dont les différentes espèces mènent une vie saprophytique et sont obtenues par suite facilement en cultures pures, et deux autres genres principaux, *Entomophthora* et *Empusa*, correspondant à de nombreuses espèces qui vivent sur des insectes et sont regardées jusqu'à présent comme des parasites nécessaires parce qu'on n'a pu encore réaliser leur développement sur des milieux inertes; des recherches effectuées sur un *Entomophthora* m'ont montré que cette distinction biologique doit disparaître pour l'espèce étudiée et, par suite vraisemblablement, pour les autres espèces du même genre.

C'est à partir d'un *Entomophthora* qui s'était développé sur un *Culex pipiens* que j'ai pu obtenir des cultures pures sur des substances de nature assez variée; il s'agit d'une espèce non décrite et dont j'indiquerai brièvement les caractères essentiels par la diagnose qui suit :

Entomophthora Henrici n.sp.; filaments conidiens très ramifiés; conidies ovoïdes, hyalines, pluriguttulées, à sommet non apiculé, $13\text{-}18 = 20\text{-}24^{\mu}$; conidies secondaires de même forme; des cystides; des chlamydospores; azygospores sphériques, incolores, de $32\text{-}36^{\mu}$ de diamètre; cadavre de l'insecte fixé au support par des crampons à ramification terminale irrégulièrement discoïde.

J'ai tout d'abord suspendu aseptiquement l'insecte attaqué au-dessus d'un milieu gélatiné de manière que les conidies soient projetées à la surface de celui-ci; en m'aidant d'un microscope binoculaire il m'a été facile de prélever à l'aiguille de petits morceaux de la gélatine auxquels ne corres-

pondait qu'une seule conidie et je mettais chacun d'eux en contact avec une chenille d'*Euchelia Jacobææ* stérilisée par la chaleur en présence d'un peu d'eau; au bout d'un mois on voyait apparaître à la surface des chenilles des filaments correspondant aux crampons de l'*Entomophthora*, puis le mycélium conidifère recouvrait peu à peu tout leur corps; reporté sur des insectes morts appartenant à des espèces les plus différentes (Chenilles de *Vanessa Urticæ*, divers Criquets, etc.) le champignon s'y développait avec la même facilité.

Mais il n'est même pas nécessaire de s'adresser à des insectes morts pour obtenir une culture de l'*E. Henrici* et, parmi les nombreux milieux essayés, celui qui s'est montré le plus favorable est le foie de bœuf; sur des morceaux de cet organe préalablement cuit à l'autoclave, l'*Entomophthora* présente une croissance particulièrement active; le mycélium ensemencé ne tarde pas à produire des conidies et à les projeter à quelque distance; ces spores germent rapidement et donnent naissance à de nouveaux filaments mycéliens; le milieu se couvre ainsi d'une masse grise, de surface cérébroïde, le rayon de la zone envahie augmentant de près de 2^{mm} par jour à une température s'écartant peu de 15° C.

Les caractères du champignon, dans ces conditions de vie saprophytique, sont d'ailleurs essentiellement les mêmes que ceux qu'il présente sur le *Culex pipiens;* la masse fondamentale du tapis mycélien est constituée par des filaments conidifères ramifiés et, de place en place, sa surface générale est dépassée par des cystides, filaments stériles, restant simples, qui sont d'un blanc pur et brillant, aspect qui est dû à ce qu'ils retiennent de nombreuses conidies projetées; du fait de leur présence la surface mycélienne prend un aspect velouté.

Les azygospores qu'on rencontre chez les insectes attaqués par l'*E. Henrici* se retrouvent aussi dans les cultures artificielles et d'autant plus abondantes que le milieu convient moins bien au développement du champignon. On peut réaliser la croissance du parasite sur de la carotte, mais les cultures sont alors beaucoup moins florissantes que sur le foie; ce fait doit tenir à la faible teneur de la carotte en matières protéiques; les conidies se constituent encore dans ces conditions, mais les azygospores apparaissent de bonne heure et très nombreuses. Il en est de même lorsqu'on vient à ensemencer l'Oomycète sur du papier buvard trempant par sa partie inférieure dans du bouillon de foie; le développement est d'autant plus considérable que l'*Entomophthora* se trouve plus près de la surface liquide;

le papier se couvre peu à peu de mycélium non seulement du côté où a eu lieu le semis, mais aussi sur l'autre face par pénétration du champignon à travers les fibres du papier; on observe encore des conidies dans la région la plus voisine du liquide, mais à une certaine distance il ne s'en forme plus et il se constitue uniquement des azygospores.

L'obtention de cultures pures de l'*E. Henrici* nous montre donc qu'il ne s'agit pas d'une espèce nécessairement parasite et nous permettra d'aborder un certain nombre de problèmes encore obscurs concernant la biologie des Entomophthorées.

BOTANIQUE. — *Sur la sexualité chez une espèce de Myxomycète Acrasiée,* Dictyostelium mucoroides. Note de M. **F.-X. Skupienski**, présentée par M. J. Costantin.

Dictyostelium mucoroides (Bref.) est un Champignon Myxomycète de la famille des Acrasiées, qui se développe fréquemment sur des végétaux en voie de décomposition. C'est une des rares espèces qui se laissent cultiver artificiellement avec abondance; elle offre, pour les recherches de laboratoire, un matériel précieux et très maniable. C'est aussi l'une des espèces où l'absence de toute sexualité a été signalée avec le plus d'insistance.

Guidé par la certitude de l'existence du phénomène sexuel chez les Myxomycètes Endosporées, dont j'ai décrit les caractères dans deux Notes antérieures [1], je me suis appliqué à rechercher les phénomènes analogues chez les Myxomycètes Acrasiées, et j'ai réussi à les mettre en évidence.

Pour avoir le matériel nécessaire à mes recherches, je cultive le *Dictyostelium* sur une décoction de foin à 10 pour 1000, additionnée de 20g de gélose par litre. J'emploie également des bandes de papier buvard, disposées dans un tube à essai, et plongeant par leur extrémité inférieure dans de la décoction de foin à 10 pour 1000. Ces milieux, qui m'ont paru être les plus favorables, sont maintenus à la température optima, qui est comprise entre 14° et 18°. Les spores sont toujours accompagnées par des bactéries,

---

(1) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 118, et t. 167, 1918, p. 31.

Bacillus fluorescens par exemple, qui se multiplient rapidement et servent de nourriture aux myxamibes.

Pour l'étude sur le vivant aussi bien que pour les recherches d'ordre cytologique, j'ai renoncé aux cultures en chambre humide de Van Tieghem; je les remplace par le dispositif des lamelles appuyées sur quatre boules de cire stérilisée : cela permet une aération constante de la culture, nécessaire au développement complet. En vue d'empêcher le développement trop rapide des bactéries, qui seraient gênantes pour l'observation directe, j'emploie ici de l'eau ordinaire stérilisée : le développement s'y fait lentement, les myxamibes sont plus clairs, s'étalent mieux à la surface de la lame et se colorent plus facilement.

La spore de *Dictyostelium* germe au bout de quelques heures ou de quelques jours, suivant l'âge de la culture mère. La myxamibe qui sort de la spore ne passe pas, comme chez les Endosporées, par un stade d'immobilité, après avoir pris une forme en boule; elle ne présente pas davantage de phase ciliée. Elle émet immédiatement des pseudopodes, se déplace, se nourrit de bactéries (¹) et se multiplie.

Les divisions successives des myxamibes se font toujours par le procédé caryokinétique. Je fixe avec le picroformol de Bouin et je réalise une double coloration par l'hématoxyline ferrique de Heidenhain et le vert-lumière : les chromosomes, au nombre de quatre, se colorent en noir, les fuseaux en acajou pâle et le cytoplasme en vert. Les vacuoles sont peu nombreuses.

Toutes les myxamibes se dirigent en même temps vers le bord de la préparation, attirées par l'oxygène, et leur évolution s'achève là, où doit se faire la fructification. Au fur et à mesure de leur multiplication, les myxamibes bien nourris deviennent plus grands, plus vacuolaires; leur cytoplasme devient plus granuleux, et enfin un grand nombre d'entre eux présentent une forme caractéristique de noyau : c'est un noyau en demi-lune ou en croissant, ayant laissé échapper, du côté de leur face concave, des corpuscules fins et ronds qui se colorent comme la chromatine.

A ce stade, les myxamibes ne tardent pas à se grouper deux par deux : ils sont devenus myxamibes *gamètes*.

Cet accouplement est suivi d'une fusion qui commence par les pseudopodes. L'observation de cette fusion est très difficile, car la moindre lumière l'empêche : la fusion des gamètes, comme la division caryo-kinétique, ne s'opère qu'à l'obscurité.

(¹) J'ai vu plusieurs fois des myxamibes capter des spores non germées et les digérer dans leurs vacuoles.

Nous sommes donc en présence d'éléments d'abord binucléés ([1]), dont les deux noyaux ne vont pas tarder à se fusionner. Cette fusion de deux myxamibes, protoplasme à protoplasme et noyau à noyau, est pour moi un acte sexuel, méconnu jusqu'ici. Il a pour conséquence la formation d'un *œuf* ou *zygote*. Le volume du myxamibe-zygote est considérable, son noyau est volumineux, son cytoplasme est granuleux et rempli d'abondantes vacuoles.

Ce stade franchi, les myxamibes-zygotes ne se nourrissent plus, leurs vacuoles sont complètement transparentes, le moment de la fructification approche. Les myxamibes-zygotes se rassemblent en un amas qui devient bientôt un appareil sporifère. Mais bien qu'ayant été étudié par de nombreux auteurs, le mécanisme de la formation de cet appareil sporifère nous paraît encore mal connu.

ZOOLOGIE. — *Sur l'état des Saumons reproducteurs pendant leur migration de ponte dans les eaux douces de notre pays.* Note ([2]) de M. **Louis Roule**, présentée par M. Edmond Perrier.

On doit examiner, au sujet des particularités offertes par ces Saumons et dont l'ensemble constitue leur état propre, d'abord celles qui concernent les âges des individus, ensuite celles du rythme des migrations et de la sexualité. Les recherches auxquelles je me suis livré méthodiquement depuis 1911, et dont j'ai publié à plusieurs reprises quelques parties, m'ont permis d'aboutir à des résultats qui rectifient et complètent, sur divers points, les opinions anciennes. Ce sont ces résultats que j'expose ici, en notant qu'ils s'accordent avec ceux que l'on a obtenus récemment en d'autres pays plus fréquentés que le nôtre par le Saumon (*Salmo salar* L.).

En ce qui concerne l'âge, sur 80 individus capturés à des époques diverses et dont les écailles ont pu fournir des indications suffisantes, j'en ai trouvé : 5 dans leur 3e année, 20 dans leur 4e année, 49 dans leur 5e année, 6 dans leur 6e année. Sur ces individus, 7 montraient les anneaux d'une seule année d'alevinage en eau douce; 1 offrait les anneaux de trois

---

([1]) Pinoy considère ces deux noyaux, chez les myxamibes arrivés à la période finale de leur vie végétative, comme provenant de la division directe du noyau primitif; mais il ne donne pas la signification de ce phénomène.

([2]) Séance du 25 novembre 1918.

années consécutives d'alevinage; tous les autres présentaient les bandes répondant à deux années.

On doit donc en conclure que la grande majorité des Saumons qui remontent nos fleuves passent au préalable, en eau douce, une période juvénile ou d'alevinage égale à deux ans; après quoi, ils descendent à la mer, l'habitent et y grandissent pendant un laps de temps comptant, selon les individus, 2 à 4 années; puis, ayant alors de 4 à 6 années d'âge total, ils reviennent aux eaux douces pour s'y reproduire.

Cette migration de ponte est unique chez la plupart des individus, contrairement à ce que l'on admet d'habitude en présumant que les saumons accomplissent à plusieurs reprises des migrations annuelles (opinion la plus fréquente) ou bisannuelles, Kunstler 1889, Bureau 1891). Chez les 80 individus étudiés, 8 seulement ont offert sur leurs écailles la marque de ponte, et cette marque était isolée, sans récidive. Tout en convenant avec Masterman (1913) qu'il ne faut pas demander trop d'indications aux lectures d'écailles, le résultat de ces études est qu'un dixième du total a seul effectué deux migrations successives, jamais davantage, les autres n'en ayant fait qu'une. Sur les 8 saumons à deux montées, 7 étaient dans leur 5ᵉ année, et 1 dans la 4ᵉ année (?) Les 7 premiers ayant été autopsiés, 5 appartenaient à la sexualité mâle et 2 à la sexualité femelle. Il y a donc prépondérance des mâles parmi les individus qui pondent deux fois. La première migration de ponte a eu lieu pendant la 3ᵉ année de l'âge total, et la seconde pendant la 5ᵉ année.

Au sujet de la sexualité, les saumons de 3ᵉ et de 4ᵉ année montrent une prépondérance numérique évidente des mâles, et ceux de 5ᵉ et 6ᵉ année une prépondérance des femelles, sans qu'il ait été permis, en raison des conditions de la pêche en France, d'établir un pourcentage aussi précis que ceux qui sont possibles dans les grandes pêcheries bien surveillées des pays plus septentrionaux.

Les autopsies confirment l'opinion d'Henneguy (1895-1901) au sujet de la modalité de l'élaboration sexuelle. Les mâles de montée récente pris en janvier et février montrent des testicules étroits et relativement courts, mesurant 6^{mm} à 8^{mm} de diamètre sur 119^{mm} à 145^{mm} de longueur; ces organes augmentent progressivement de dimensions, chez les individus capturés au cours de l'année, pour arriver à leur taille définitive chez les mâles matures de novembre et de décembre (36^{mm}-38^{mm} de diamètre sur 240^{mm}-250^{mm} de longueur chez un individu mesurant 94^{cm} de longueur totale). Il en est de même pour les femelles; leurs ovaires, en janvier-

février, mesurent 18^{mm} à 20^{mm} d'épaisseur sur 92^{mm} à 118^{mm} de longueur, et les ovules de 1^{mm} à $1^{mm},2$ de diamètre; en avril-mai, l'épaisseur des ovaires atteint et dépasse 30^{mm}, et le diamètre des ovules égale $1^{mm},5$ à 2^{mm}; en juin-juillet, celle-là parvient à 35^{mm}-40^{mm}; et celui-ci à $2^{mm},5$-3^{mm}; enfin en novembre-décembre, au moment de la maturité sexuelle et de la ponte, les ovaires, devenus encore plus épais, portent des ovules achevés et mesurant 5^{mm} à 6^{mm}.

ZOOLOGIE. — *Phases parasitaires initiales de* Xenocœloma brumpti, *Copépode parasite de* Polycirrus arenivorus. Note de MM. **M. Caullery** et **F. Mesnil**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

En décrivant, en 1915, *Xenocœloma brumpti* (1), nous avons insisté sur les rapports paradoxaux de ce parasite et de son hôte. Le tégument qui le recouvre appartient en effet au *Polycirrus*, de sorte que, malgré les apparences (*fig.* 1, X), c'est un parasite interne et la cavité axiale C est un diverticule du cœlome de l'Annélide, tapissé par l'endothélium péritonéal de celle-ci. Ces interprétations, tout en résultant nettement de l'étude anatomique et histologique, devaient être appuyées et précisées par l'examen de la genèse des organes. C'est seulement en septembre 1918 que nous avons pu découvrir les stades nécessaires : ils confirment entièrement nos conclusions antérieures.

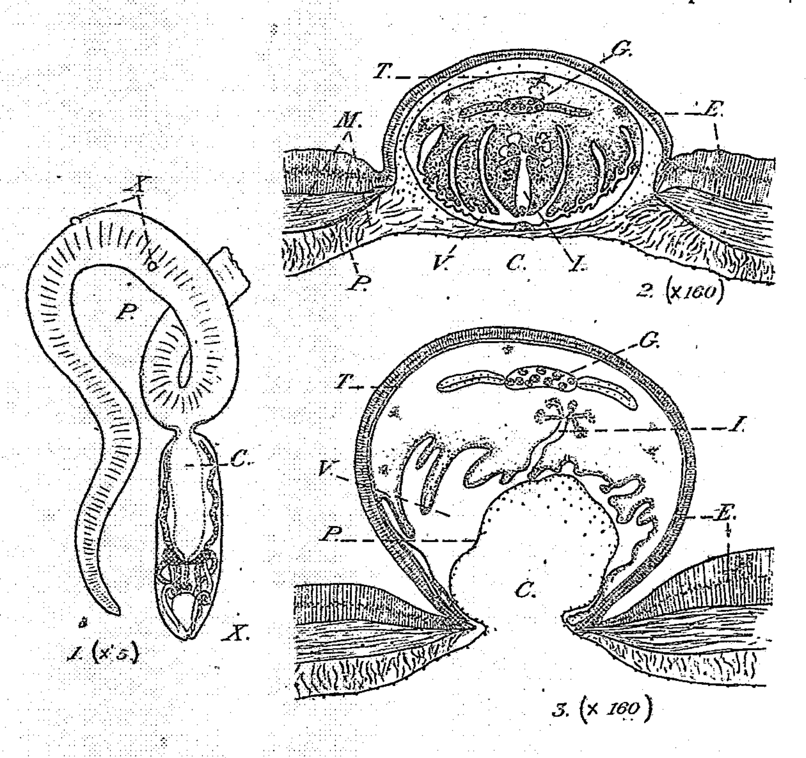
Sur huit *Polycirrus*, nous avons constaté, au microscope binoculaire, une ou parfois deux petites verrues sphériques de $0^{mm},25$ environ de diamètre (*fig.* 1, X, en haut), à l'intérieur desquelles on distingue un nodule assez compact et, à la périphérie de celui-ci, quelques taches pigmentaires rougeâtres. Ce sont de jeunes *Xenocœloma*. Fixés, coupés en séries et colorés, ils nous ont montré deux stades principaux.

1° *Pupe* (*fig.* 2). — Le Copépode constitue une petite tumeur sous-épidermique, complètement close, autour de laquelle on note un certain afflux de leucocytes. Il est recouvert extérieurement par l'ectoderme E de l'annélide, qu'il refoule en saillie amincie, et où il détermine une prolifération marquée par de fréquentes mitoses. A ce stade, la nature annélidienne de cet épithélium n'est pas discutable. A la face profonde,

(1) *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 709. Voir aussi *Bull. Soc. zool. France*, t. 42, 1917, p. 169-178.

le parasite a déjà produit un écartement des couches musculaires M, annulaire et longitudinale, mais est encore séparé du cœlome C de l'hôte.

Le parasite lui-même est limité par un mince ectoderme T, dépourvu de toute trace d'appendices et laissant deviner, par endroits, une mince cuticule. Sa masse est formée d'un tissu compact, à éléments très petits, proliférant activement. A la face interne, se trouve une cavité vestibulaire close V, dont les parois épithéliales sont abondamment plissées : la paroi externe se soude à l'ectoderme au pôle interne du parasite. Les replis intérieurs du vestibule creusent des sillons circulaires profonds, dans la



masse centrale, autour d'une partie axiale, percée elle-même d'un canal I, qui reçoit, vers son fond, une grappe de canalicules terminés en acini. Le tube I est évidemment l'appareil intestinal, dont le vestibule V est peut-être aussi une partie initiale différenciée.

Laissant de côté un certain nombre d'ébauches, nous nous bornerons à signaler, vers la face extérieure, le début de la glande génitale G, formée de cellules à gros noyaux très chromatiques et, en continuité avec elle, l'ébauche des oviductes. De place en place, il y a de grosses cellules pigmentaires.

Cette structure indique un état d'évolution déjà avancée, beaucoup plus différencié

que le Nauplius. Les organes définitifs s'élaborent à l'intérieur d'un tégument clos et lisse, d'où le nom de *pupe* que nous donnons à ce stade.

2° *L'établissement des rapports définitifs avec l'hôte* (*fig.* 3) se réalise sur des pupes de la taille des précédentes. Les couches musculaires M du *Polycirrus* ayant été écartées latéralement, l'endothélium péritonéal P a réagi localement par une prolifération dont témoignent des mitoses. Il y a bientôt rupture de la paroi externe du vestibule V, dans lequel vient faire hernie le cœlome C de l'Annélide, coiffé par le péritoine P. Le plancher du vestibule V s'étend rapidement en se déplissant et l'endothélium P s'applique sur lui en suivant toutes ses anfractuosités. Ainsi est réalisée la cavité axiale du Copépode. A la lumière des faits précédents, il n'est pas invraisemblable de l'interpréter comme correspondant au tube digestif profondément modifié du parasite, tapissé, à sa face interne, dans toutes ses parties, par le péritoine de l'hôte, à travers lequel se fait l'absorption. Le parasite lui-même est devenu un simple filtre, traversé par les substances assimilées par l'hôte, aux dépens desquelles sont édifiés les produits génitaux.

Désormais, il ne reste plus à s'accomplir qu'une croissance progressive, au cours de laquelle l'ectoderme de l'Annélide se perce, à l'extrémité distale de la tumeur, de l'orifice par où sortiront les cordons ovigères du Copépode.

Nous avons ainsi confirmé, par l'observation du développement, l'interprétation d'apparence paradoxale déduite de l'étude de l'adulte. D'autre part, nous avons suivi l'évolution de l'œuf jusqu'au stade Nauplius. Resterait à découvrir le stade de pénétration dans l'hôte et la formation de la pupe. Nous avons essayé sans succès d'infecter expérimentalement des *Polycirrus*, en les mettant en contact avec des Nauplius libres.

Xenocœloma constitue, comme on le voit, un exemple nouveau, chez les Copépodes (¹), d'une évolution tout à fait aberrante et qui offre quelques analogies avec celle des Rhizocéphales. La description et la discussion détaillées des faits précédents seront publiées prochainement dans un autre Recueil.

(¹) Les Copépodes offrent un des champs les plus variés et les plus suggestifs pour l'étude des transformations dues au parasitisme, comme en témoigne l'exemple des Monstrillides, dont M. Malaquin a fait connaître l'évolution, pour n'en citer qu'un. M. Ch. Gravier, en décrivant récemment (*Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 502-504) un type très dégradé, *Flabellicola*, y a laissé entrevoir, d'une façon plausible, la possibilité d'une multiplication agame. Il suggère, à ce propos, la vraisemblance de ce dernier processus chez certains Rhizocéphales (*Peltogaster socialis*, *Thylacoplethus* = *Thompsonia*). En réalité, la multiplication agame a été authentiquement constatée et étudiée chez ces organismes par F.-A. Potts (*Carnegie Institution of Washington*, Publ. 212, 1915)

ENTOMOLOGIE. — *Rythmes physiologiques et vol spontané chez l'*Anopheles maculipennis. Note de M. E. Roubaud, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Le vol des Anophèles, dont les manifestations diverses sont intimement liées à l'histoire du paludisme, paraît obéir à des règles d'une précision mécanique ainsi qu'il ressort des observations de J. de Prince et J. Oreinstein [1], au canal de Panama. Les recherches ci-après, qui ont trait à notre Anophèle indigène, *A. maculipennis*, permettent d'entrevoir la complexité des processus physiologiques qui règlent l'entrée de ce Moustique en état de vol spontané.

Observé au laboratoire, dans des conditions normales et livré à lui-même, l'*A. maculipennis* se tient immobile, en état de sommeil apparent, tout le jour. Pendant cette phase de repos diurne, il se montre complètement insensible aux variations brusques de l'éclairement, exposé soit à une luminosité intense, soit à l'obscurité. Mais lorsque le jour commence à peine à baisser, au crépuscule, on le voit s'élancer spontanément en plein vol, avec une soudaineté qui donne l'impression d'une délivrance quasi-automatique des liens créés par la lumière.

Si les conditions d'éclairement restent les mêmes, le départ se produit toujours à la même heure, avec une exactitude telle qu'on peut régler sa montre, à 5 minutes près, sur lui. De plus, au cours des jours, on voit l'heure de départ se modifier graduellement, comme l'heure crépusculaire, si bien que des environs de $20^h 15^m$ (horaire d'été) au commencement d'août, l'heure de départ est passée à $16^h 15^m$ (horaire d'hiver) à la fin d'octobre.

La période de vol, qui est la période dangereuse au point de vue antipaludique, ne dépasse guère, en captivité, les deux premières heures de la nuit. Dans le plein de celle-ci, l'Anophèle est de nouveau immobilisé : je n'ai noté aucune tendance nouvelle au réveil, à l'aurore. Il semble donc que, dans les conditions normales, sur les 24 heures journalières, l'*A. maculipennis* en passe de 20 à 22 en état de repos complet.

Le vol spontané de cet Anophèle se présente avec les caractères d'un

---

[1] *Mosquito Control in Panama*, New-York, 1916. Le vol des Anophèles se déclenche au crépuscule et à l'aurore et s'arrête mécaniquement à la nuit franche et au grand jour.

rythme crépusculaire, indépendant du sexe, de l'état d'alimentation, des variations extérieures d'humidité ou de température. Seules, des conditions anormales, la faim ou la soif extrêmes, l'âge des sujets, etc., font varier la périodicité.

L'analyse du phénomène montre qu'il est la résultante d'un antagonisme précis entre différents facteurs, les uns actuels, les autres acquis, ainsi qu'il ressort des observations suivantes :

1° L'heure du vol n'est pas l'heure exacte de réveil.

Bien avant leur envolée, les Anophèles peuvent trahir leur état de réveil par des mouvements des pattes ou du corps, plus marqués à l'obscurité. Les moustiques sont donc éveillés plus ou moins longtemps avant de prendre leur vol; s'ils ne le manifestent pas, c'est que la lumière du jour les inhibe.

2° Protégés contre l'action du jour par l'obscurité artificielle, les Anophèles avancent leur heure de vol. L'avance est d'autant plus marquée que l'obscurité est plus complète; mais elle n'est jamais considérable d'emblée.

Ainsi, par temps couvert, des Anophèles, dont l'heure de départ normale est voisine de $20^h 15^m$, partent vers $20^h 5^m$. Dans la pénombre d'une pièce aux rideaux fermés, ils partent entre $19^h 30^m$ et $19^h 45^m$; à l'obscurité complète (chambre noire), au voisinage de 19^h. L'avance extrême constatée sur l'heure normale a été de $1^h 30^m$.

3° Si l'obscurité complète est maintenue en permanence, l'avance du vol s'accroît progressivement et irrégulièrement de jours en jours; mais elle ne parvient pas à dépasser les premières heures de l'après-midi (15^h à 16^h).

Ainsi des Anophèles, dont l'heure de départ normale est $20^h 15^m$, partent vers 18^h après une semaine de séjour à l'obscurité complète (chambre noire); après trois semaines ils partent vers 16^h. L'avance n'a pas dépassé $15^h 35^m$; puis l'heure de départ est redescendue irrégulièrement vers $16^h 17^m$ et 18^h dans le cours du deuxième mois d'obscurité.

4° La lumière normale du jour inhibe le vol spontané.

Si des Anophèles, ayant pris leur vol dans l'après-midi sous l'influence accélératrice de l'obscurité, sont replacés à la lumière du jour, ils reprennent immédiatement la position du repos.

Ces résultats me paraissent pouvoir s'interpréter comme suit.

Le *réveil* des moustiques se produit, en vertu du premier *rythme* fondamental, plusieurs heures avant le coucher du soleil; mais le besoin de vol,

qui se manifeste d'une façon plus ou moins immédiate, ne peut être satisfait que beaucoup plus tard, réprimé qu'il est par l'influence inhibitrice *actuelle* de la clarté diurne. La baisse de jour crépusculaire brise immédiatement ces entraves réflexes, et les moustiques prennent leur vol.

Mis à l'abri du jour, les Anophèles devront donc s'envoler beaucoup plus tôt; mais des impressions inhibitrices *acquises* persistent en eux qui contrarient cette avance. Réagissant contre ces impressions rythmiques de mémoire lumineuse, les moustiques parviennent néanmoins à accélérer plus ou moins leur départ. L'intensité, et surtout la continuité de la protection obscure, facilitent cette réaction, et progressivement l'heure de vol s'élève vers le milieu du jour. Mais il y a une limite à cette avance. En vertu d'un rythme inhibiteur ancestral, gravé dans l'espèce, l'avance s'arrête lorsque sont atteintes les heures les plus précoces où le vol crépusculaire peut normalement se manifester, aux époques où les jours sont les plus courts. Cette limite acquise correspond à la limite des heures d'éclairement diurne constant toute l'année, pour la zone géographique de l'espèce.

Le rythme du vol porte donc l'empreinte héréditaire de la marge des oscillations crépusculaires annuelles, c'est-à-dire de l'écart maximum permis au déplacement naturel des heures d'activité, en fonction des oscillations crépusculaires saisonnières. En vertu de cette empreinte, l'heure de départ tend à se rapprocher toujours de l'heure crépusculaire la plus précoce pour la saison en cours; mais le réflexe inhibiteur diurne s'y oppose et contient le vol jusqu'à l'apparition du crépuscule réel.

Ainsi, le déclenchement automatique du vol crépusculaire ou vol spontané chez l'*A. maculipennis* nous apparaît conditionné par les facteurs antagonistes suivants :

1° Le *rythme du vol* qui, réglé sur la marge des oscillations crépusculaires, crée chez le Moustique un état de tension comparable à l'action du ressort dans un mécanisme d'horlogerie;

2° Le *réflexe inhibiteur diurne*, qui retient le départ jusqu'à l'instant précis de la baisse crépusculaire, jouant le rôle de l'échappement dans le mécanisme d'horlogerie.

Lorsque ce réflexe *actuel* est aboli par une ombre précoce artificielle, des *impressions inhibitrices acquises*, plus souples, règlent le départ jusqu'à la limite du *rythme inhibiteur permanent* d'éclairement diurne. Enfin un rythme physiologique de *réveil* conditionne fondamentalement sans doute l'interaction de ces diverses périodicités.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur le rôle du microbe filtrant bactériophage dans la dysenterie bacillaire.* Note de M. **F. d'Hérelle**, présentée par M. Roux.

Dans une Note préliminaire (¹) j'ai décrit un microbe filtrant trouvé dans les déjections des convalescents de dysenterie bacillaire. L'emploi d'une technique moins imparfaite que celle dont je m'étais servi tout d'abord (²) joint à l'examen systématique des selles de trente-quatre malades, tous atteints de dysenterie à bacilles de Shiga, et dont plusieurs ont pu être suivis journellement depuis le début de la maladie jusqu'à la fin de la convalescence, m'ont permis d'étudier d'une manière plus complète le mode d'action du microbe bactériophage et de préciser son rôle dans l'évolution de la maladie.

Dans les cas de dysenterie bacillaire, même très graves, mais dans lesquels l'état du patient s'améliore rapidement, le microbe bactériophage manifeste sa présence d'une manière très active d'emblée, tant sur les cultures du bacille isolé des déjections du patient que sur les souches du Shiga du laboratoire, à partir du moment où les symptômes commencent à s'amender. Le pouvoir bactériophage vis-à-vis du bacille dysentérique cesse brusquement d'être décelable au début de la convalescence. A partir de ce moment, des examens répétés montrent également l'absence de bacilles pathogènes.

Dans les cas où la maladie se prolonge, le microbe bactériophage ne manifeste qu'une action nulle ou peu marquée, tant que l'état du patient reste stationnaire. Si, dans quelques cas, l'action bactéricide est relativement élevée sur les souches ayant subi de nombreux passages sur les milieux de culture, par contre, elle est toujours inappréciable ou très faible sur les cultures du bacille provenant du malade en observation. L'amélioration se manifeste dès que l'action bactériophage devient énergique vis-à-vis de ce dernier.

Dans les formes de longue durée et à rechutes, le pouvoir bactériophage du microbe filtrant peut, à certains moments, être très énergique vis-à-vis

(¹) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 373.
(²) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, séance du 7 décembre 1918.

des bacilles de culture et variable d'un jour à l'autre, quoique toujours relativement faible, vis-à-vis du bacille du malade. La guérison suit de près le moment où l'action du microbe bactériophage se manifeste d'une manière aussi intense pour l'une comme pour l'autre souche. Cette action persiste, avec des fluctuations dans l'activité, aussi longtemps que le patient reste porteur de germes. Ce dernier fait serait même de nature à faciliter le dépistage des porteurs de germes, la mise en évidence du microbe bactériophage étant plus simple et plus sûre que la recherche du bacille pathogène dans les selles.

J'ai pu vérifier que l'action du microbe bactériophage était prépondérante, non pas seulement en ce qui touche à la disparition du bacille dysentérique de l'intestin une fois la maladie déclarée, mais encore lors de son éclosion. Au cours de la récente épidémie, j'ai eu l'occasion d'observer plusieurs cas extrêmement bénins dans lesquels les symptômes se limitèrent à quelques épreintes et à deux ou trois selles diarrhéiques : or, dans tous ces cas, le microbe bactériophage fut, dès le début, présent et doué d'un pouvoir antagoniste élevé. Malgré la bénignité de l'affection, il s'agissait bien de dysenterie car, dans trois de ces cas, je pus isoler de la première selle diarrhéique émise un bacille de Shiga typique.

Le microbe bactériophage préexiste dans l'intestin où il vit normalement aux dépens du B. coli. Dans les selles normales, son pouvoir antagoniste vis-à-vis de ce dernier bacille est toujours très faible; il peut devenir considérable dans divers états morbides, dans certaines formes d'entérites et de diarrhée banales, par exemple. La présence de bacilles dysentériques dans l'intestin détermine en premier lieu une exaltation considérable de la virulence du microbe bactériophage vis-à-vis du B. coli, puis, par une accoutumance plus ou moins rapide, cette virulence s'exalte vis-à-vis du bacille dysentérique; elle atteint d'emblée ou graduellement une puissance considérable amenant la disparition rapide ou graduelle du bacille pathogène. Si la virulence du microbe bactériophage s'exalte d'emblée, les bacilles dysentériques sont détruits dès le début de leur culture dans le contenu intestinal, la maladie avorte avant tout symptôme ou se borne à quelques troubles passagers. Si, pour une cause qui reste à déterminer, la virulence du microbe bactériophage vis-à-vis du microbe pathogène ne se manifeste pas d'emblée ou ne se manifeste que faiblement, une lutte s'établit entre les deux organismes, les bacilles dysentériques se multiplient dans le contenu intestinal, infiltrent la muqueuse, la maladie éclate et

l'état du patient enregistre ensuite fidèlement les fluctuations de la lutte.

En résumé, la pathogénie et la pathologie de la dysenterie bacillaire sont dominées par deux facteurs agissant en sens contraire : le bacille dysentérique, agent pathogène, et le microbe filtrant bactériophage, agent d'immunité.

Comme corollaire, l'expérimentation sur le lapin montre que les cultures du microbe bactériophage jouissent d'un pouvoir préventif et curatif dans la maladie expérimentale; d'autre part, le microbe bactériophage se trouve invariablement présent dans l'intestin des malades dès que les symptômes s'amendent; il semble donc logique de proposer comme traitement de la dysenterie bacillaire l'administration, dès l'apparition des premiers symptômes, de cultures actives du microbe bactériophage.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action du sulfocyanate ferrique sur le sérum humain normal.* Note de MM. **Arthur Vernes** et **Roger Douris**, présentée par M. Roux.

On a vu que des conditions physiques déterminées mettent en évidence une altération spéciale du sérum syphilitique qui distingue le sérum syphilitique du sérum normal et qui peut être au cours de l'infection syphilitique suivie et mesurée (¹).

Ces conditions physiques ont été déterminées au cours d'une étude comparative du sérum humain normal et du sérum humain syphilitique, dont on rappelle le point de départ : dans un mélange de sérum humain normal avec certaines suspensions colloïdales, il suffit de faire varier les proportions respectives du mélange pour observer un phénomène de précipitation périodique.

Le cas d'une suspension fine d'hydrate ferrique en avait fourni un exemple, mais le phénomène restait d'ordre tout à fait général; diverses substances chimiques à l'état colloïdal pourraient servir de réactif, mais aucun réactif peut-être ne met en évidence d'une manière plus simple, le phénomène en question, que le sulfocyanate ferrique; c'est à ce titre que l'expérience que voici mérite une mention spéciale.

(¹) A. Vernes, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 383.

Le sulfocyanate ferrique employé est obtenu par double décomposition entre du sulfocyanure d'ammonium et du perchlorure de fer suivant la formule :

Sulfocyanure d'ammonium..........	$0^g,25$
Sol. off., Fe^2Cl^6, D. = 1,26; 20^{cm^3}.... } Eau distillée, q. s. p. f. 150^{cm^3}........ }	4^{cm^3}
Eau distillée, q. s. p. f..............	250^{cm^3}

Le liquide ainsi préparé présente la coloration rouge sang bien connue du sulfocyanate ferrique.

Dans une série de vingt petits tubes, on distribue de gauche à droite du sérum humain normal en quantités de plus en plus petites, mais dilué dans l'eau distillée de manière que le mélange sérum humain et eau distillée forme un volume constant de $0^{cm^3},4$. Les quantités de sérum décroissent suivant la progression géométrique : $0^{cm^3},4$; $0^{cm^3},36$; $0^{cm^3},32$; $0^{cm^3},29$; $0^{cm^3},26$; $0^{cm^3},23$; $0^{cm^3},21$; $0^{cm^3},18$; ...; $0^{cm^3},04$, chaque tube contenant $\frac{1}{10}$ de sérum en moins que le précédent. On ajoute alors dans chaque tube une même quantité du réactif ci-dessus ($0^{cm^3},8$). Cette distribution est réalisée d'une manière rigoureuse et en quelques minutes au moyen du rhéomètre de Vernes.

L'action du sulfocyanate ferrique sur le sérum revêt un caractère périodique, et voici ce qu'on observe après agitation : la précipitation, nulle dans les premiers tubes, apparaît dans les tubes suivants; elle atteint un maximum vers le dixième, puis décroît progressivement pour redevenir nulle dans les tubes de droite (ce qui correspond à la zone AF du graphique I, in *Sur la précipitation de l'hydrate de fer colloïdal par le sérum humain, normal ou syphilitique*) (¹). En outre, il y a décoloration du réactif, ce qui facilite l'observation du phénomène.

Le précipité des tubes du milieu est gélatineux, blanchâtre, et, pour certains sérums, la gelée est si consistante qu'on pourrait retourner les tubes sans en renverser le contenu.

L'action si énergique et si brutale du réactif est due au mélange des deux constituants.

En effet, le sulfocyanure d'ammonium employé seul (sol. 0,25 pour 250)

(¹) A. Vernes, *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 770.

ne détermine aucune précipitation quelle que soit la quantité de sérum considérée, et la solution de perchlorure de fer employée seule (aux proportions indiquées pour le réactif) donne pour certains tubes un léger précipité, mais qui n'a rien de comparable à celui qui est provoqué par le sulfocyanate ferrique. Le sulfocyanure d'ammonium, sans action par lui-même, modifie considérablement l'action du perchlorure de fer.

Si l'on fait varier la concentration en perchlorure de fer du réactif, on observe un déplacement dans la zone de précipitation, mais le phénomène présente la même particularité.

Quant au précipité gélatineux formé, il se dissout très facilement, même 24 heures après sa formation, par l'addition de quelques gouttes d'une solution d'acide tartrique à 10 pour 100 ou d'une solution d'ammoniaque (5^{cm^3} d'ammoniaque officinale dans 100^{cm^3} d'eau distillée).

Le réactif perd assez rapidement son action précipitante énergique en même temps que l'on constate une diminution sensible de sa coloration. Les modifications du réactif qui résultent de l'oxydation du sulfocyanure d'ammonium par le perchlorure de fer expliquent ces variations. Il est facile de déceler, en effet, la présence de sels ferreux, de sulfate, etc.

Conclusions. — L'action instantanée du sulfocyanate ferrique sur le sérum humain normal permet de réaliser une expérience de cours où l'on voit un phénomène périodique de précipitation et de non-précipitation analogue à celui qu'on rencontre dans les expériences plus délicates et plus longues qui ont servi de point de départ à l'étude comparative du sérum normal et du sérum syphilitique.

La précipitation est variable selon la proportion du sérum et du réactif. De là, pour comparer entre eux des précipités obtenus avec divers sérums, la nécessité de se placer dans la zone de précipitation et en outre d'opérer pour chaque sérum dans des conditions expérimentales identiques.

A 16 heures l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de présenter une liste de candidats à l'une des places de la Division des Sciences appliquées à l'Industrie, présente, par l'organe de M. le Président, la liste suivante :

En première ligne. . . . . M. Auguste Rateau
En seconde ligne . . . . M. Georges Charpy
En troisième ligne, ex æquo et par ordre alphabétique . . . . MM. Hilaire de Chardonnet, Georges Claude, Charles Rabut

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17 heures et demie.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances d'octobre 1918.

Expédition de la Célèbes centrale. Voyages géologiques et géographiques à travers la Célèbes centrale (1909-1910), par E.-C. Abendanon : vol. II et III. Leyde, Brill, 1918; 2 vol. 29^{cm}. (Présentés par M. Douvillé.)

La Mécanique. Les idées et les faits, par Léon Lecornu, membre de l'Académie des sciences. Paris, Ernest Flammarion, 1918; 1 vol. 19^{cm}.

L'éther, moteur unique, et forces matérielles, par J. Le Hardonier. Paris, Plon-Nourrit, 1918; 1 vol. 19^{cm}. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Société hydrotechnique de France. Comité technique. Bulletin spécial n° 2 : *Coups de bélier dans les conduites formées de tronçons de diamètres différents*, par le Comte de Sparre. Lyon, P. Legendre, 1918; 1 fasc. 24^{cm}.

I fenomeni elettro-atomici sotto l'azione del magnetismo; narrazione di ricerche sperimentali sui fenomeni elettrici prodotti nel campo magnetico, par Augusto Righi. Bologna, Nicola Zanichelli, 1918; 1 vol. 24^{cm}.

Une histoire de la navigation (1550-1750). *Traduit des « Éléments de navigation » de Robertson* (1780), par F. Marguet. Paris, Augustin Challamel, 1918; 1 fasc. 25^{cm}.

Annales de la clinique chirurgicale du professeur Pierre Delbet; n° 6 : *Biologie de la plaie de guerre*, par Pierre Delbet et Noel Fiessinger. Paris, Félix Alcan, 1918; 1 fasc. $28^{cm},5$. (Présenté par M. Quénu.)

Les établissements scientifiques de recherches agricoles en France et à l'étranger, par Georges Wery. Extrait du *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'iudustrie nationale,* septembre-octobre 1917. Paris, 1918; 1 fasc. 28^{cm}. (Présenté par M. Tisserand.)

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 DÉCEMBRE 1918.

PRÉSIDENCE DE M. P. PAINLEVÉ.

RENOUVELLEMENT ANNUEL
DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Vice-Président pour l'année 1919, qui devra être choisi dans la Division des Sciences mathématiques.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 41,

M. H. Deslandres obtient . . . . 40 suffrages

Il y a 1 bulletin nul.

M. **H. Deslandres**, ayant réuni l'unanimité absolue des suffrages exprimés, est élu Vice-Président.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de deux membres des Commissions administratives pour l'année 1919.

MM. **Edmond Perrier** et **Paul Appell** réunissent l'unanimité des 39 suffrages exprimés; il y a 1 bulletin blanc.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur la diffraction des images solaires.* Note de M. MAURICE HAMY.

Dans des Communications antérieures [1], j'ai étudié les propriétés de l'image solaire, fournie au foyer d'une lunette dont l'objectif est diaphragmé par une fente longue et très étroite. A cet effet, j'ai établi des formules donnant les variations de l'intensité lumineuse, le long de l'axe de symétrie D de l'image, disposé parallèlement au sens de la longueur de la fente. L'étude de ces variations est particulièrement importante, dans le voisinage du bord géométrique, c'est-à-dire de la circonférence qui limiterait l'image s'il n'y avait pas de diffraction. Elle m'a conduit à la découverte de ce fait remarquable que le bord optique, considéré aux extrémités de l'axe de symétrie D, est notablement plus tranché en observant le Soleil avec une lunette, munie d'un diaphragme percé d'une fente très étroite, de longueur égale au diamètre de l'objectif, qu'en utilisant la totalité de sa surface.

Les considérations sur lesquelles repose ce résultat forment la matière d'un Mémoire actuellement en cours de publication dans le *Journal de Mathématiques pures et appliquées*. Certaines théories, exposées dans mon Mémoire [2] *sur l'approximation des fonctions de grands nombres*, y jouent un rôle essentiel.

L'étude de la diffraction de l'image solaire par une fente se complique considérablement, dès que sa largeur cesse d'être très faible (de l'ordre du centième de millimètre). Avant de l'entreprendre, il y avait lieu de se rendre compte si la propriété signalée ci-dessus tend à s'exagérer ou, au contraire, à diminuer d'importance, quand on élargit légèrement la fente. Au point de vue mathématique, la réponse à la question ainsi posée dépend du signe de la différence :

$$\begin{aligned}\Delta = {} & \frac{1}{6}\left\{\int_c \left[\frac{\sin m(u-1)}{m(u-1)}\right]^2 \sqrt{1-u^2}\,du\right\}\left\{\int_c \left[\frac{\sin m(u-1)}{m(u-1)}\right]^2 u\sqrt{1-u^2}\,du\right\} \\ & -\frac{1}{9}\left\{\int_c \left[\frac{\sin m(u-1)}{m(u-1)}\right]^2 \frac{u}{\sqrt{1-u^2}}\,du\right\}\left\{\int_c \left[\frac{\sin m(u-1)}{m(u-1)}\right]^2 (1-u^2)^{\frac{3}{2}}\,du\right\},\end{aligned}$$

(1) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 1082; t. 166, 1918, p. 240 et 878.

(2) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1908.

les quatre intégrales étant prises le long d'un contour fermé c, renfermant les points $u = 1$ et $u = -1$, le paramètre m désignant d'ailleurs un nombre très élevé.

L'inégalité $\Delta < 0$ à laquelle on arrive, en ayant recours à mon Mémoire déjà cité, permet de conclure que le bord optique devient de plus en plus tranché, quand on augmente l'écartement des lèvres de la fente, tout en lui conservant une largeur suffisamment petite.

En possession de ce résultat, je me suis proposé d'étudier la question en général, sans faire d'hypothèse sur la largeur de la fente. Cette recherche difficile et laborieuse, en dehors de son intérêt au point de vue purement théorique, paraît dès maintenant devoir conduire à des résultats d'une réelle importance pratique pour l'observation du Soleil.

GÉOLOGIE. — *Essai de coordination chronologique générale des temps quaternaires.* Note (1) de M. **Ch. Depéret.**

Après avoir examiné (2) les lignes de rivage quaternaires des côtes françaises de la Manche et du Pas de Calais, je continue cette étude sur les côtes méridionales anglaises, dans les régions qui n'ont pas été atteintes par les grands glaciers du Nord.

La *péninsule de Cornouailles*, pendant de l'Armorique française, montre, comme elle, une *frange* de dépôts quaternaires marins, particulièrement étudiés par Usher (3) et Prestwich (4). Sur la côte sud, se succèdent, de l'Est à l'Ouest, les gisements des environs de Torquay (Hope's Nose, 20^m d'altitude d'après Usher) et îlot de Thatcher-Rock (8^m); les gîtes de Brixham (10^m), de Start-Point, de Plymouth (12^m); entre Plymouth et Falmouth, ceux de l'île Lose, de Polkerris, du cap Polmen, de Pendower, de Porth, de la baie de Svanpool, à l'ouest de Falmouth. De Penzance, la

(1) Séance du 9 décembre 1918.

(2) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 418.

(3) Usher, *The chronological value of the Pleistocene Deposits of Devon* (*Quart. Journ. geol. Soc.*, t. 34, 1878, p. 449). — *The raised beaches and associated Deposits of the Cornish coast* (*Geolog. Magazine*, t. 6, 1879, p. 210).

(4) Prestwich, *The raised beaches and Head or Rubble-Drift; their relations to the valley Drifts and to the glacial Period* (*Quart. Journ. geol. Soc.*, t. 48, 1892, p. 263, avec carte).

ceinture quaternaire contourne le cap Land's End jusqu'à Saint-Yves, avec quelques gisements de faible altitude (2^m-5^m), sauf celui de la carrière Penly près Monschole, cité par Cl. Reid (¹), à 21^m d'altitude. Elle se suit sur la côte nord du Cornwall et du Devon : baie de Godevay (2^m), baie de Fistral près New-Quay (8^m au cap); estuaire de la Taw, baie de Barnstaple à Baggy-Point (20^m, d'après Usher). Sur la côte du Somerset, la mer quaternaire a dessiné un grand golfe dans la vallée de la Mare jusqu'à Bridgewater (gîte coquillier de Chilton-Trinity). Plus au Nord, à Weston-super-Mare, se montre un gîte coquillier de faible altitude, et plus loin d'autres gîtes au promontoire d'Auchor-Head et à Woodspring hill (10^m). L'estuaire de la Severn a été envahi par la mer jusque près de Gloucester (gîtes coquilliers d'Upton à 16^m et de Kempsey à 20^m). Faisant ainsi le tour du canal de Bristol, nous arrivons à la côte sud du pays de Galles, où se montre, de Swansea au cap Worms-Head, une ligne de dépôts marins et de grottes envahies par la mer aux altitudes de 5^m à 10^m ; au nord du cap, autour de la baie de Rhos-Sili, existe une falaise surmontée d'une plate-forme littorale coquillière à 13^m. Mais les observations de Tiddeman (²) et de Strahan (³) ont montré que, dans ces grottes du Glamorganshire, notamment à la grotte de Gower, les dépôts marins sont recouverts par une brèche osseuse à *Elephas antiquus* que surmonte un *Boulderclay* glaciaire; il en résulte que les dépôts marins de ces grottes sont plus anciens que les autres dépôts que j'ai énumérés plus au Sud.

Revenant à l'Est sur la côte de la Manche, nous retrouvons des dépôts marins à la pointe de Portland (⁴) à 18^m, et à Kemp-Town, près Brighton (⁵) à 5^m.

Ainsi les côtes méridionales anglaises, du canal de Bristol au Pas de Calais, montrent les traces presque continues d'une ou peut-être de plu-

---

(¹) Cl. Reid, *Geology of the Land's End district* (*Mem. geol. Survey of England*, 1907, p. 75).

(²) Tiddeman, *On the age of the raised beaches oï Southern Britain as seen in Gower* (*Geol. Mag.*, t. 7, 1900, p. 441).

(³) Strahan, *The country around Swansea*, 1907 (*Mem. geol. Survey, Wales South Coal Field*, Part VIII).

(⁴) Prestwich, *Note on the phenomena of the Quaternary period in the isle of Portland an around Weymouth* (*Quart. Journ. geol. Soc. London*, t. 31, 1875, p. 29).

(⁵) Prestwich, *loc. cit.*, 1892.

sieurs lignes de rivage, dont l'altitude maximum atteint 18^m à 20^m, mais s'échelonne plus fréquemment de 0^m à 13^m. J'attribue en conséquence le plus élevé de ces niveaux marins (18^m-20^m) à la *ligne de rivage monastirienne*. La géographie de ces côtes était, comme on l'a déjà vu pour les côtes françaises, *sensiblement identique à la géographie actuelle*.

Une grande partie de ces gisements ne contient pas de coquilles ou seulement des débris. Les seuls réellement riches sont ceux de Chilton Trinity près Bridgewater, de la baie de Barnstaple et de l'île Portland. Selon Gwyn Jeffreys, cité par Prestwich, l'ensemble de la faune (64 espèces) a un cachet plutôt septentrional. Les espèces les plus répandues : *Nucula nucleus*, *Tellina balthica*, *Cyamium minutum*, *Lacuna puteolus*, *Littorina rudis*, *Fusus gracilis*, *Pleurotoma turricula*, *Purpura lapillus*, *Trophon truncatum*, sont des espèces vivantes du nord de l'Europe, mais descendant au Sud jusqu'à la Manche. C'est plutôt l'absence de formes méditerranéennes et lusitaniennes que la présence de formes vraiment arctiques qui dénotent des eaux un peu plus froides que celles de la Manche actuelle.

Mais les faits les plus intéressants s'observent sur la côte du Sussex et du Hampshire où ils ont été étudiés par Godwin Austen (1), Prestwich (2), Bell (3) et, plus récemment, par Cl. Reid (4). La plaine du Sussex, de Brighton à Portsmouth, est couverte, sur 12^{km} de largeur, par une couche de limon et de silex roulés, produits du ruissellement des pentes voisines; on y a recueilli en plusieurs points des Mammifères de la faune froide à *Elephas primigenius*. C'est une *plaine côtière typique* à pente assez forte (2^m,50 par kilomètre). Sous le limon caillouteux, on rencontre partout des dépôts quaternaires marins, souvent coquilliers, s'élevant depuis la mer jusqu'à une *ligne de rivage très nette*, qui se dessine au pied des collines de craie des South Downs, par Hove, Portslade, Arundel, Avisford et Waterbeach, près Chichester, Bourne Common et la colline de Portsdown, près Portsmouth, à l'*altitude assez constante de* 30^m-33^m.

---

(1) Godwin Austen, *On the newer Tertiary deposits of the Sussex Coast* (*Quart. Journ. geol. Soc. London*, t. 13, 1857, p. 40).

(2) Prestwich, *loc. cit.*, 1892.

(3) Bell, *The Mud-deposit at Selsey, Sussex* (*Ann. a. Magaz. of nat. History*, t. 8, 1871, p. 45).

(4) Cl. Reid, *The pleistocene deposits of the Sussex Coast and their equivalents in other districts* (*Quart. Journ. geol. Soc. London*, t. 48, 1892, p. 344).

Sur la plupart des points, on a recueilli une faune littorale analogue à celle de la Manche. Mais sur la côte actuelle, au promontoire de Selsey Bill, se montre, au niveau des basses eaux, un dépôt de vase argileuse qui est un *faciès profond de la même mer* et contient une faune (140 espèces) remarquable par la présence d'*espèces franchement méridionales*, telles que : *Pecten polymorphus* (= *P. flexuosus*), *Pecten opercularis* var. *Audouini*, *Lutraria rugosa*, *Chiton siculus* (= *Ch. olivaceus*), *Fissurella costaria*, *Pleurotoma Bertrandi*, dont la limite nord actuelle ne dépasse pour aucune la latitude de Madère et des côtes du Portugal.

Un peu plus à l'Ouest, à West-Wittering, Cl. Reid a découvert un dépôt argilo-sableux analogue où, à côté d'espèces marines de la Manche, on recueille en abondance une coquille fluviale de climat chaud, *Corbicula fluminalis*, amenée là par un estuaire. Enfin à Stone, sur la côte du Hamsphire, à 20 milles à l'Ouest des dépôts précédents, le même géologue (1) a observé une argile estuarienne à *Scrobicularia piperata*, qui a fourni des feuilles d'une plante très méridionale, l'*Acer monspessulanum*. Si l'on ajoute la présence dans le dépôt de Selsey de l'*Elephas antiquus*, on voit que tous ces faits s'accordent pour indiquer, sur la côte sud de l'Angleterre, à l'époque de la ligne de rivage de 30^{m}-33^{m}, une mer à température plus chaude que la mer actuelle, ce qui concorde bien avec l'introduction dans la Méditerranée de la faune chaude à *Strombus bubonius* de l'étage *Tyrrhénien*.

En dehors des dépôts franchement marins, l'existence fréquente sur les falaises anglaises de replats couverts de graviers et de limons, étagés à des hauteurs diverses, atteste, comme sur les côtes françaises, les variations de niveau de la surface marine. Ainsi Codrington (2), étudiant la morphologie des côtes du Hamsphire et de l'île de Wight, a reconnu sur les deux rives du Solent, de la baie de Poole au Spithead, des plateaux de graviers à l'altitude de 35^{m}-40^{m} et conclut avec raison à la réunion de l'île de Wight au continent et au remplacement du bras de mer actuel par un thalweg fluvial venant de l'Ouest pour se jeter dans la mer du niveau de 33^{m} (*Tyrrhénien*) qui couvrait la plaine du Sussex.

---

(1) Cl. Reid, *A fossiliferous pleistocene deposit at Stone, on the Hamsphire coast* (*Quart. Journ. geol. Soc.* t. 49, 1893, p. 325).

(2) Codrington, *On the superficial deposits of the South of Hamsphire and the Isle of Wight* (*Quart. Journ. geol. Soc.* t. 26, 1870, p. 528).

Sur la côte nord de l'île de Wight, d'autres replats de graviers surplombant la mer à 52 et 60^m et enfin un lambeau à 100^m sur la falaise sud-ouest (Blackgang) semblent indiquer l'existence probable des anciens niveaux *milazziens* et *siciliens*. D'autres lambeaux analogues de graviers et limons se rencontrent sur l'ensemble des côtes méridionales anglaises, particulièrement sur la côte du Kent.

Coordination. — Il me paraît intéressant de coordonner l'ensemble des observations précédentes sur les deux rives de la Manche et du Pas de Calais, en les reliant à l'importante question de la réunion de l'Angleterre avec la France à l'époque quaternaire et de l'époque d'ouverture du Pas de Calais.

Une solution simple, fondée sur la seule distribution des dépôts quaternaires marins serait la suivante : on peut admettre une assez large jonction des deux pays pendant les époques *Sicilienne* et *Milazzienne*, représentées seulement par des plaines côtières aux altitudes de 100^m et de 60^m environ. La Manche était certainement plus réduite qu'aujourd'hui, sans qu'on puisse préciser ses limites. La faune chaude à *Elephas antiquus* et Hippopotames a pu ainsi émigrer librement en Angleterre.

A l'époque *Tyrrhénienne*, la ligne du rivage de 30^m-33^m est bien caractérisée sur la côte française (Saint-Valéry) et surtout sur la côte anglaise (Sussex) avec une faune marine et terrestre d'affinités méridionales. On peut en déduire que la Manche formait alors un grand golfe atlantique allant au moins jusqu'à hauteur de l'estuaire de la Somme, mais séparé de la mer du Nord par un isthme de jonction encore assez large. Cette conception explique l'absence de coquilles arctiques dans la faune tyrrhénienne de la Manche et la continuation des échanges de faunes terrestres entre l'Angleterre et le continent.

Mais à l'époque *monastirienne*, la continuité des dépôts marins de la ligne de rivage de 20^m (et des lignes plus basses) nous révèle une géographie à peu près identique à l'actuelle, ainsi que l'a parfaitement reconnu M. Briquet [1]. L'ouverture du Pas de Calais entraîne l'arrivée dans la Manche d'une faune marine plus froide venue de la mer du Nord.

Mais cette interprétation simple se heurte à la difficulté d'expliquer le passage en Angleterre de la faune froide d'animaux terrestres du Quater-

(1) Briquet, *Note sur quelques formations quaternaires du littoral du Pas de Calais* (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. 35, 1906).

naire supérieur. Il devient ici nécessaire d'introduire dans le problème un nouvel élément, dont j'ai fait jusqu'ici à dessein abstraction, celui des phases de régression marine (avec abaissement des lignes de rivage jusqu'au niveau et même au-dessous du rivage actuel), par lesquelles débutent chacun des quatre étages quaternaires. Ces phénomènes de régression, si nettement marqués dans la Méditerranée (1), sont des événements géologiques trop importants pour ne pas se retrouver dans les autres mers. En fait la position au niveau du rivage actuel des couches estuariennes du *Tyrrhénien* du Sussex, ainsi que du Forest-bed *sicilien* de Cromer, sans parler même des forêts submergées et des thalwegs sous-marins d'âge plus récent, nous en montrent des exemples tout à fait typiques.

On doit donc admettre, pour expliquer le passage de la faune de Mammifères froide en Angleterre, l'existence d'une phase de régression qui pourrait trouver place soit au début du Monastirien, soit à la fin de cet étage. C'est ce dernier point de vue qu'a adopté M. Barrois (2) en se fondant sur la distribution du limon en Bretagne. Ce limon, qui est postérieur aux « *plages soulevées* », s'étend sur les îles du littoral comprises en dedans de la courbe de -25^{m} des profondeurs marines. M. Barrois admet qu'à cette époque la Manche était transformée en une vallée fluviale s'écoulant à l'Ouest (3), et dans laquelle se sont déposés, de part et d'autre de l'isthme du Pas de Calais, les graviers à Mammouths du fond de la Manche et les graviers à *Elephas primigenius* et *Rhinoceros tichorhinus* du Dogger-bank (4) dans la mer du Nord. Puis une nouvelle transgression très récente est intervenue, faisant disparaître définitivement l'isthme du Pas de Calais.

M. Douvillé présente le troisième et dernier volume de l'important Ouvrage de M. Abendanon, ingénieur des Mines du Gouvernement néerlandais, ayant pour titre : *Expédition de la Célèbes centrale;* c'est le compte

(1) Voir les travaux du général de Lamothe et de M. Gignoux cités dans mes Notes précédentes.

(2) Ch. Barrois, *Sur l'extension du limon quaternaire en Bretagne* (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. 26, 1897, p. 33).

(3) M. Hull a récemment précisé, sur la carte des fonds sous-marins de l'Amirauté anglaise, le tracé de cette vallée submergée postglaciaire de la Manche, depuis le Pas de Calais jusqu'au bord abrupt de la plate-forme continentale (*Geolog. Magaz.*, 1912, t. 9, p. 100).

(4) Davies, *Geological Magazine*, t. 5, 1878, p. 97.

rendu des voyages géologiques et géographiques exécutés par l'auteur en 1909-1910.

Ce troisième volume comprend la Paléontologie (étude de M. Hinde sur les roches à radiolaires, description des fossiles crétacés, éocènes et miocènes par M. G. Dollfus), l'examen des roches cristallines et sédimentaires, l'histoire géologique de la région, complétée par l'étude de sa tectonique et de sa morphologie; une étude des mollusques d'eau douce par M. J.-H. Kruimel et des poissons par le professeur Max Weber, des renseignements sur les peuplades aborigènes et sur leurs curieuses habitations. Un chapitre est consacré à la géologie économique; l'auteur signale la présence du nickel dans les péridotites. Enfin, M. Abendanon passe en revue et reproduit tous les documents cartographiques publiés sur la région depuis le XVI[e] siècle.

On ne peut qu'être frappé du contraste que présente cette partie centrale de Célèbes avec les îles voisines : ici le sol est principalement constitué par des formations cristallophylliennes avec gisements d'or subordonnés et filons de galène argentifère. La région est essentiellement montagneuse, les terrains secondaires et tertiaires ne sont que faiblement développés, aussi n'y trouve-t-on ni les riches cultures de Java et Sumatra, ni les formations pétrolifères de Bornéo.

L'exploration avait été projetée par M. Abendanon dès 1907, presque immédiatement après l'époque où le Gouvernement néerlandais avait pris en mains la direction du pays. Il en avait soumis le programme à la Société royale de Géographie des Pays-Bas qui a pu, presque aussitôt, mettre à sa disposition les moyens de réaliser ce projet.

Le voyage a été exécuté en 1909-1910 et, dans les huit années qui ont suivi, l'auteur a pu mettre en œuvre les matériaux qu'il avait accumulés et terminer ainsi la description détaillée de la région parcourue. C'est un ouvrage considérable qui comprend trois gros volumes de 1550 pages, avec 21 photogravures, 305 autotypies, 140 figures dans le texte et 5 planches en phototypie. Il fait le plus grand honneur à l'explorateur et il faut le féliciter d'avoir pu parachever son œuvre aussi rapidement.

La publication en a été faite par la Société royale de Géographie des Pays-Bas avec la collaboration du Ministère des Colonies. L'exécution typographique, due à la maison Brill, est tout à fait remarquable. Enfin, je dois signaler d'une manière toute particulière qu'il a été publié une édition en français, montrant une fois de plns l'importance et la cordialité des relations entre les hommes de science de la France et de la Hollande.

NOMINATIONS.

M. l'amiral **Fournier** est désigné pour faire partie de l'*Office des sépultures militaires*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Division des *Applications de la science à l'industrie*.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 45,

M. A. Rateau	obtient.	20 suffrages
M. de Chardonnet	»	7 »
M. Laubeuf	»	7 »
M. Lumière	»	5 »
M. Charpy	»	2 »
M. Claude	»	2 »
M. Rabut	»	1 suffrage
M. Lazare Weiller	»	1 »

Au deuxième tour de scrutin, le nombre de votants étant 40,

M. A. Rateau	obtient.	28 suffrages
M. de Chardonnet	»	5 »
M. Laubeuf	»	5 »
M. Charpy	»	1 suffrage
M. Rabut	»	1 »

M. A. **Rateau**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Mécanique, en remplacement de M. *Zaboudski* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 38,

M. Waddell	obtient	21 suffrages
M. Torrès y Quevedo	»	15 »
Sir George Greenhill	»	2 »

M. **Waddell**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, en remplacement de M. *Czerny* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 33,

Sir David Bruce	obtient.	26 suffrages
M. Charles Nicolle	»	3 »
Sir Almroth Wright	»	3 »

Il y a 1 bulletin nul.

Sir **David Bruce**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. P. **Appell** communique à l'Académie un *Vœu émis par le Conseil de la Faculté des Sciences de Paris* relativement à l'amélioration de la situation du personnel universitaire.

(Renvoi à la Commission d'action extérieure.)

Mlle I. **Ioteyko**, M. **Stanislas Chevalier** adressent des remercîments pour les distinctions qui ont été accordées à leurs travaux.

M. le Directeur de l'**École supérieure d'Aéronautique et de Construction mécanique** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil.*

M. **Henri Piéron** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée, en 1915, sur la *Fondation Loutreuil.*

M. **Ch. Marie** adresse le *Rapport général* présenté au nom de la Commission permanente du Comité international des *Tables annuelles de constantes et données numériques* pour l'année 1917.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Muséum d'Histoire naturelle de Genève. *Catalogue illustré de la Collection Lamarck.* Première Partie : *Fossiles,* offert par M. Bédat.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les propriétés générales des fonctions entières et le théorème de M. Picard.* Note de M. **Valiron.**

En utilisant les résultats de ma Note du 15 avril 1918, on peut obtenir des extensions des propositions démontrées par M. Wiman dans un Mémoire récent ([1]), et démontrer d'une façon simple et élémentaire le théorème de M. Picard.

1. Soient toujours $f(z) = \Sigma c_n z^n$ une fonction entière, $M(r)$ le maximum du module de la fonction pour $|z| = r$ et $m(r)$ le plus grand des nombres $|c_n| r^n$. Considérons d'autre part la série entière

$$\mathcal{F}(r) = \Sigma e^{n^\alpha} r^n \qquad (0 < \alpha < 1).$$

Il résulte de la démonstration du théorème II de ma Note ([2]) que,

([1]) *Acta mathematica*, t. 41, p. 1.

([2]) Cette démonstration renferme une erreur typographique : les sommets de $\pi(\mathcal{F})$ ont pour coordonnées n, $-H(n)$ [et non n, $H(n)$], et $\mathcal{G}_n$ doit être remplacé par $-H(n)$ [et non par $H(n)$].

lorsque r est extérieur à un certain ensemble dénombrable d'intervalles dans lequel la variation totale de $\log r$ est finie, ce que nous exprimerons en disant que r est une valeur ordinaire, il existe des nombres k et l tels que $f(z)$ et $k\mathfrak{F}\left(\frac{r}{l}\right)$ aient des termes maxima égaux et de même rang n, et que la série formée par les modules des termes de $f(z)$ soit majorée par le développement de $k\mathfrak{F}\left(\frac{r}{l}\right)$.

On a donc, quel que soit le nombre fini q,

$$\sum_{p=-n}^{\infty} p^q\,|c_{n+p}|\,r^{n+p} \leqq m(r) \sum_{p=-n}^{\infty} p^q\, e^{(n+p)^\alpha - n^\alpha}\left(\frac{r}{l}\right)^p,$$

l étant tel que $e^{p^\alpha}\left(\frac{r}{l}\right)^p$ soit maximum pour $p = n$. Il est aisé de trouver une limite supérieure de la somme figurant dans le second membre de cette inégalité, et l'on obtient, A_q étant un nombre fini,

$$(1) \qquad \sum_{p=-n}^{\infty} p^q\,|c_{n+p}|\,r^{n+p} < A_q\, m(r)\, n^{(q+1)\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}.$$

2. Supposons que $|z_0| = r$ soit une valeur ordinaire pour $f(z)$. Nous allons étudier $f(z)$ pour les points de la circonférence $|z| = r$ voisins de z_0. Ecrivons avec M. Wiman, en désignant toujours par n le rang du terme maximum

$$(2) \qquad f\left(z_0\, e^{i\lambda\frac{\pi}{n}}\right) = e^{i\lambda\pi}\left[f(z_0) + \lambda g(z_0) + \sum_{p=-n}^{\infty} c_{n+p}\, z_0^{n+p}\left(e^{i\lambda\pi\frac{p}{n}} - 1 - i\lambda\pi\frac{p}{n}\right)\right];$$

$g(z_0)$ est indépendant de λ. Si l'on tient compte de ce que le coefficient de $c_{n+p} z_0^{n+p}$ a un module au plus égal à $\lambda^2\pi^2\frac{p^2}{n^2}$, on obtient, en appliquant l'inégalité (1) dans laquelle on fait $q = 2$,

$$\left|\sum c_{n+p}\, z_0^{n+p}\left(e^{i\lambda\pi\frac{p}{n}} - 1 - i\lambda\pi\frac{p}{n}\right)\right| < B\frac{\lambda^2}{n^2}\sum |c_{n+p}|\, p^2 r^{n+p} < C\lambda^2 m(r)\, n^{1-3\frac{\alpha}{2}}.$$

α pouvant être pris aussi voisin de *un* que l'on veut, le dernier membre des inégalités précédentes est inférieur à $m(r)$, donc à $M(r)$, pourvu que $|\lambda| < n^{\frac{1}{4}-\varepsilon}$, ε étant un nombre fixe arbitrairement petit. Comme d'autre

part $|f(z)|$ est inférieur à $M(r)$, l'égalité (2) montre que le module de $\lambda g(z_0)$ est inférieur à $3M(r)$ tant que λ vérifie l'inégalité précédente. Par suite, $|g(z_0)|$ est inférieur à $M(r)n^{\varepsilon-\frac{1}{4}}$, et l'on a d'après l'inégalité (2)

$$f\left(z_0 e^{i\lambda\frac{\pi}{n}}\right) = e^{i\lambda\pi} f(z_0)(1+\eta), \qquad |\eta| < n^{-\varepsilon} \tag{3}$$

sous les conditions

$$|f(z_0)| > M(r)\, n^{-\frac{1}{8}}, \qquad |\lambda| < n^{\frac{1}{8}-2\varepsilon},$$

conditions qui pourraient d'ailleurs être remplacées par d'autres. On déduit notamment de l'égalité (3) la proposition suivante :

Le rapport de $M(r)$ *au maximum* $A(r)$ *de la partie réelle de* $f(z)$ *pour* $|z| = r$, *tend vers* un *lorsque r croît indéfiniment à l'intérieur des intervalles ordinaires.*

3. Théorème de M. Picard. — *Montrons que* $f(z)$ *et* $f_1(z)$ *étant deux fonctions entières, on ne peut avoir*

$$e^{f(z)} = e^{f_1(z)} + 1. \tag{4}$$

Soit r une valeur ordinaire pour les deux fonctions (il en existe étant donnée la densité de ces valeurs), et soit z_0 la valeur de z pour laquelle la partie réelle de $f_1(z)$ est égale à son maximum $A_1(r)$, on aura d'après la proposition précédente

$$M(r) > \mathcal{R} f(z_0) = A_1(r)(1-\varepsilon) > M_1(r)(1-2\varepsilon),$$

ε étant très petit. On obtiendra une inégalité renversée entre $M(r)$ et $M_1(r)$ en partant de $f(z)$. Il en résulte que les quotients de $|f(z_0)|$ par $M(r)$ et de $|f_1(z_0)|$ par $M_1(r)$ sont voisins de *un* et qu'on peut appliquer l'égalité (3) aux deux fonctions f et f_1 à partir de la valeur z_0. On a donc

$$f(z_0 e^{i\pi\theta}) = e^{i\pi\theta n} f(z_0)(1+\eta), \qquad |\eta| < n^{-\varepsilon}, \qquad |\theta n| < n^{\frac{1}{8}-2\varepsilon},$$

$$f_1(z_0 e^{i\pi\theta}) = e^{i\pi\theta n_1} f_1(z_0)(1+\eta_1), \qquad |\eta_1| < n_1^{-\varepsilon}, \qquad |\theta n_1| < n_1^{\frac{1}{8}-2\varepsilon},$$

les modules de $f(z_0)$ et de $f_1(z_0)$ étant très grands ainsi que n et n_1 en même temps que r.

L'impossibilité de l'égalité (4) est dès lors manifeste.

Rien n'est changé à ce raisonnement si l'on suppose que les termes de (4) sont multipliés par des fonctions uniformes autour du point à l'infini et admettant ce point pour pôle. L'impossibilité d'une telle égalité démontre le théorème général de M. Picard.

4. Si l'on compare simultanément $f(z)$ à $\mathfrak{F}(r)$ et sa dérivée $f'(z)$ à la dérivée de $\mathfrak{F}(r)$, on voit facilement que le rapport $\frac{n'}{n}$ des rangs des termes maxima f et f' tend vers *un* lorsque r croît indéfiniment à l'intérieur des intervalles qui sont ordinaires pour les deux fonctions. Il en résulte qu'on a, dans ces intervalles :

$$f'(z) = \frac{n}{z} f(z)(1+\eta), \qquad M'(r) = \frac{n}{r} M(r)(1+\eta_1),$$

η et η_1 tendant vers zéro avec $\frac{1}{r}$ et la première égalité ayant lieu dans les mêmes conditions que (3). Des égalités analogues en résultent pour les dérivées successives.

On peut appliquer ces résultats à la démonstration de la régularité des solutions entières des équations différentielles à coefficients rationnels. Les égalités asymptotiques qu'on obtient pour $\frac{n}{r}$ en supposant que r est une valeur ordinaire sont, en effet, valables pour tous les r, étant donnée la densité des valeurs ordinaires. Les propriétés des intégrales énoncées par M. Wiman à la page 19 de son Mémoire sont donc complètement démontrées.

5. On peut poursuivre le développement du second membre dans l'égalité (2), on obtient ainsi des limites plus larges pour l'égalité (3) et l'extension des propriétés relatives à $A(r)$ et à $f'(z)$ à une classe étendue de séries entières.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Courbes définies par des séries. Avantages d'un changement de définition.* Note de M. **Mesnager**, présentée par M. G. Kœnigs.

Les séries introduisent souvent, dans les questions de géométrie et de physique, des singularités qui tiennent. non à la nature de la question, mais à la manière d'obtenir la limite. La fonction est, en effet, définie par la limite

pour $N = \infty$ de l'équation

$$y = \sum_{n=1}^{n=N} \varphi(x, n) = f(x, N), \quad \text{où} \quad Y = \varphi_n(x, n)$$

est une fonction continue. y est la limite de l'ordonnée correspondant à une abscisse déterminée x, c'est-à-dire la limite des positions d'un point sur une droite parallèle à Oy. Dans certains cas, cette limite dépend de la direction des axes de coordonnées, comme je le montrerai tout à l'heure par un exemple. Il serait préférable d'adopter une définition indépendante de la direction de ces axes. Je propose de définir la courbe limite par l'ensemble des points fixes qui, pour $N > N_1$, restent à une distance $< \varepsilon$ de la courbe

$$y = f(x, N).$$

Dans un grand nombre de cas, les deux définitions donnent identiquement le même résultat. Quand elles diffèrent il suffit souvent, avec la définition usuelle, de changer la direction des axes de coordonnées pour faire disparaître les singularités et arriver au même résultat qu'avec la définition proposée.

Exemple. — Soient les courbes (où k est un entier)

$$y_{2k+1} = (-1)^{|k|} \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{\sin nx}{n^{2k+1}} \quad \text{et} \quad y_{2k} = (-1)^{|k|} \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{\cos nx}{n^{2k}},$$

qui se déduisent les unes des autres par dérivation. Pour $k \geqq 1$, elles représentent des arcs de courbes algébriques se rejoignant aux points où x égale un nombre entier de fois 2π, points que je désigne par $x \equiv 0$.

Avec la définition ordinaire :

1° La courbe y_1 présente un point de discontinuité régulier pour $x \equiv 0$, et, quand x croît d'une de ces valeurs à la suivante, y décroît linéairement de $+\frac{\pi}{2}$ à $-\frac{\pi}{2}$. La courbe se compose donc de points isolés, $y = 0$, $x \equiv 0$, et de segments de droites isolés. (Je laisse de côté le phénomène de Gibbs qu'on peut éliminer par les suites de Fejér ou de La Vallée Poussin.)

2° La courbe y_0, en appliquant la méthode de M. Fejér pour lever l'indétermination de la série oscillante, se compose de tronçons de la droite $y = -0,5$ séparés par des points isolés où la fonction est infinie pour $x \equiv 0$.

3° Les courbes $y_{-1}, y_{-2}, \ldots$ se composent toutes de segments de la droite $y = 0$, séparés par des points de discontinuité pour $x \equiv 0$.

Avec la définition proposée :

1° La courbe y_{-1} devient continue et composée des mêmes segments de droites qu'avec la définition ordinaire et d'autres segments parallèles à Oy s'étendant de $-0,5\pi$ à $+0,5\pi$, raccordant les précédents, puisque la courbe continue pour $0 < n < N$ est comprise entre les droites $x \equiv \pm \varepsilon$ pour

$$-0,5\pi + \eta < y_{-1} < 0,5\pi - \eta.$$

On a une courbe continue en dents de scie.

2° La courbe y_0 est continue et formée de segments de la droite $y = -0,5$ continués à chaque point $x \equiv 0$ par une droite double formée : (a) d'une droite montant verticalement de $y = -0,5$ à $y = +\infty$; (b) d'une droite descendant verticalement de $y = +\infty$ à $y = -0,5$ pour se relier au segment horizontal suivant.

3° Les courbes y_{-k} comportent aux points $x \equiv 0$, $k+2$ tronçons de droites verticales, le premier montant de $y = 0$ à $y = +\infty$, le second descendant de $y = +\infty$ à $y = -\infty$, le troisième montant de $y = -\infty$ à $y = +\infty$, ... et le dernier rejoignant le tronçon horizontal suivant.

En changeant la direction des axes de façon à ce qu'ils ne coïncident avec aucune des droites de y_0 (seconde définition), on aurait eu le même résultat avec la définition usuelle. Si l'axe Oy' coïncide avec une des droites de y_0 (première définition), on trouve avec cette définition usuelle des points de discontinuité réguliers remplaçant le groupe de segments parallèles. Donc premier avantage, on a fait, avec notre définition, disparaître des singularités tenant à une direction particulière des axes.

Si l'on définit la dérivée d'ordre n de $f(x)$, au moyen de la limite du quotient, de la différence d'ordre n correspondant à $n+1$ abscisses x_1, $x_2, \ldots, x_{n+1}$, en progression arithmétique, par la puissance $n^{\text{ième}}$ de la raison qui tend vers zéro, avec en outre la condition $x_1 < x < x_{n+1}$, on trouve pour valeurs de la dérivée aux points $x \equiv 0$, celles que donne la définition proposée. Donc second avantage de ces définitions, la valeur de la fonction en tout point est fournie par la série des dérivées. La fonction est indéfiniment dérivable.

En outre, le paradoxe usuel d'une courbe continue

$$y = \sum_{n=1}^{n=N} \varphi(x, n),$$

quel que soit N qui devient brusquement discontinue à la limite $N=\infty$ disparaît.

Aux points $x\equiv 0$: 1° le segment de y_1 est égal à π; 2° dans y_0, la surface comprise entre la courbe et Ox a pour limite π; 3° dans y_{-1} le produit des deux surfaces infinies par la différence des abscisses de leur centre de gravité, a pour limite π, etc.

Ces résultats sont d'accord avec ceux que fournit l'assimilation de la courbe à la fibre moyenne d'une poutre indéfinie infiniment mince. Au contraire, la définition usuelle donne des résultats inexplicables dans les applications à des fonctions continues.

Ces résultats peuvent être présentés d'une façon plus générale, mais l'application à un cas concret m'a paru plus claire.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la résistance et la réactance effectives d'un câble armé triphasé pour les harmoniques* 3 *du courant.* Note (¹) de M. **Swyngedauw**, transmise par M. A. Blondel.

Lorsqu'un générateur triphasé a ses circuits associés en étoile connectée au sol et alimente des récepteurs isolés, on sait que des surtensions sont possibles sur le réseau. Les harmoniques 3 de la force électromotrice engendrent des courants de capacité synchrones et identiques entre eux dans chacun des trois conducteurs du câble. Ces courants créent des lignes de force qui s'enroulent autour de ces conducteurs, à l'intérieur de l'enveloppe et du feuillard et en dehors du câble.

Pour prévoir et calculer les surtensions, il faut connaître notamment les résistance et réactance effectives linéiques du câble (²).

Pour déterminer ces constantes du câble, on a formé une boucle avec deux câbles triphasés émanés de la sous-station S et aboutissant à un même poste de transformation T.

Les trois conducteurs de chacun des câbles étaient connectés ensemble à leurs extrémités. Ces dernières étaient bouclées en T; et à la sous-station S

(¹) Séance du 9 décembre 1918.

(²) Rappelons que la résistance effective linéique est la résistance kilométrique qui sous le même courant dégage, par seul effet Joule, la même énergie calorifique que dégage réellement ce kilomètre de câble, non seulement par effet Joule dans ses âmes, mais encore par hystérésis et courants de Foucault dans le feuillard et l'enveloppe.

les départs des deux câbles étaient connectés aux bornes d'une source à fréquence donnée (commutatrice, transformateur, alternateur de grande fréquence); on formait ainsi un circuit monophasé dans lequel on pouvait considérer le courant comme ayant la même valeur dans chacune des sections du circuit bouclé. On mesurait le courant I ampères, la tension U volts entre les bornes du câble, la puissance consommée P watts; on obtenait l'impédance Z et la résistance effective du circuit en ohms par les quotients

$$R = \frac{P}{I^2}, \qquad Z = \frac{U}{I},$$

on en déduit la réactance $X = \sqrt{Z^2 - R^2}$.

Les constantes R, Z, X divisées par la longueur L du câble en kilomètres donnent les résistances, impédance et réactances linéiques en ohms par kilomètre, r, z, x, dans les conditions de l'expérience.

Avec des câbles $3 \times 100^{mm^2}$, enveloppe de plomb, épaisseur 4^{mm}, et deux feuillards, épaisseur $0^{mm},8$, câbles dont la longueur de la boucle était comprise entre 4^{km} et 12^{km}, les résultats principaux sont les suivants :

1° *La résistance effective linéique pour la fréquence* 50 ∼ : sec *était environ* 0,5 ohm : km, *c'est-à-dire environ* 14 *fois plus grande que la résistance ohmique en courant continu.*

Les mesures faites aux fréquences 50, 150, 450 ∼ : sec montrent que *la résistance varie avec la fréquence suivant une loi sensiblement linéaire*

$$r = a + bF,$$

a et b étant des constantes (variant avec le courant).

De 0,5 ohm : km à la fréquence 50 ∼ : sec, la résistance r passe à 0,9 ohm : km, à la fréquence 450 elle ne double pas quand la fréquence varie dans le rapport 1 à 9.

2° *La réactance linéique x suit des lois analogues ;* elle est environ les 0,8 de la résistance r. On remarquera *l'effet amortisseur énergique des protecteurs métalliques du câble pour les harmoniques* 3. C'est sans doute à cette action si efficace qu'on doit d'avoir si peu de surtensions à déplorer malgré l'importance et la fréquence des cas où l'harmonique 3 entre en jeu.

Les valeurs de r et x ainsi obtenues correspondent-elles bien à celles de l'harmonique 3 de même fréquence ? Il est aisé de voir qu'elles leur sont inférieures. En effet, les lignes de force créées par l'harmonique 3 s'étendent dans tout l'espace entre l'âme et l'infini, tandis que, dans le circuit monophasé en expérience, elles ne se développent que dans l'aire embrassée par

la boucle; mais il est évident qu'on se rapproche d'autant plus de la distribution du flux, pour l'harmonique 3, que les conducteurs aller et retour de la boucle sont plus espacés.

J'ai pu opérer sur deux câbles posés dans une même tranchée et deux autres posés dans des tranchées espacées de 1^{km} à 2^{km}.

Dans ce dernier cas r et s dépassent de $\frac{1}{7}$ environ les valeurs correspondantes du premier cas.

La discussion des résultats permet de conclure que, pour les câbles expérimentés et pour l'harmonique 3 de la fréquence fondamentale 50 ∼ : sec, r est compris entre 0,67 et 0,78 ohm : km et x entre 0,45 et 0,56 ohm : km.

ARCHÉOLOGIE. — *Sur un mode d'embaumement mercuriel à l'époque médiévale.* Note de M. **Georges-A. Le Roy**, présentée par M. Charles Moureu.

Au Musée départemental d'antiquités, à Rouen, on voit, exposé depuis de nombreuses années, un petit coffret en cristal incluant une mèche de cheveux et une cinquantaine de grammes d'une matière solide noirâtre, parsemée de nombreux globules de mercure; une étiquette mentionne : « Pâte d'embaumement et cheveux du duc de Bedford, régent de France pour Henri VI, mort à Rouen en 1435, recueillis dans son tombeau à la cathédrale de Rouen en 1866. »

Cette pièce se rapporte donc au célèbre Anglais, Jean de Lancastre, duc de Bedford, fils d'Henri IV, frère d'Henri V, oncle d'Henri VI, rois d'Angleterre; c'est dire l'intérêt archéologique qu'elle présente. Cependant l'importance de cette relique est non moins grande pour la connaissance de l'art des embaumements européens à l'époque du moyen âge, car d'après les examens chimiques auxquels j'ai procédé, elle paraît démontrer la mise en œuvre d'un mode d'emploi du mercure resté ignoré et inconnu des auteurs qui ont écrit l'histoire des embaumements.

A la vérité, je dois le rappeler, dès 1866, à la suite de l'ouverture archéologique du cerceuil, un examen chimique sommaire fut effectué sur cette matière par J. Girardin; mais ce chimiste se borna à l'analyse centésimale suivante : « mercure métallique = 11,25; matières solubles dans l'eau (ne renfermant ni chlore ni acide sulfurique) = 11,33; résine balsamique ayant le caractère du benjoin = 8,20; matière organique insoluble azotique (sic) = 59,00; eau et pertes = 10,20 ». Girardin en conclut que ni le bichlorure ni le sulfate de mercure n'ont dû être employés dans cet embaumement,

et que le mercure métallique pourrait provenir de l'emploi d'oxyde rouge de mercure. Cependant, 20 ans plus tard, abandonnant cette opinion, il déclare que la présence du mercure dans cet embaumement ne peut être expliquée qu'à la condition d'admettre l'emploi du sublimé corrosif [1].

Je crois pouvoir dire que ces deux opinions chimiques successives paraîtraient également erronées, d'après mes nouvelles recherches effectuées sur cette même matière d'embaumement, dont des circonstances favorables ont mis une trentaine de grammes à ma disposition. Ces recherches chimiques se résument comme il suit :

La matière dénommée *pâte d'embaumement* se présente sous la forme d'une masse solide, sèche, noire mate, friable sous les doigts, de contexture spongieuse, dépourvue d'odeur et de saveur, parsemée de globules de mercure ayant la grosseur d'une tête d'épingle et quelquefois décuple; les globules sont disséminés dans la masse; la densité est 1,214.

La matière homogénéisée par broyage donne à l'analyse chimique : réaction (tournesol) neutre; eau à 105° = 9,900; matières solubles dans l'éther = 1,760; matières solubles dans l'alcool (résineuses) = 2,680; matières solubles dans l'eau = 3,440; matières minérales = 30,600; matières volatiles au rouge = 69,400; matières insolubles dans l'eau = 43,650; mercure total = 8,030; fer métallique attirable à l'aimant : parcelle; argent, or, plomb, arsenic : absence; azote organique total = 1,930; azote soluble à l'eau = 0,189; ammoniaque = 0,017; nitrates : traces; chlorures et sulfates solubles à l'eau : traces; sulfures : néant; carbonates : néant; matières réduisant la liqueur cupro-potassique : néant; matières tanniques : néant.

Les 30,600 pour 100 de matières minérales (cendres) sont constitués par : 1° 0,720 de sulfate de chaux avec traces de chlorures; 2° 11,948 solubles dans l'acide chlorhydrique, constitués par : acide phosphorique combiné = 0,664; acide sulfurique combiné = 0,998; alumine = 4,380; peroxyde de fer = 0,420; chaux = 2,224; magnésie = 0,202; soude = 1,481; potasse = 0,859; 3° 18,552 insolubles dans l'acide chlorhydrique, constitués par : silice = 17,685; alumine = 660; peroxyde de fer = 0,050; chaux = 0,257; magnésie : traces; alcalis : néant.

J'observerai que les 8,030 de mercure total sont répartis en : 4,080 de mercure métallique et soluble dans l'acide nitrique et 3,850 libéré par calcination avec la chaux sodée.

La minime quantité de matière disponible n'a pas permis de préciser les caractères des matières grasses et résineuses solubles dans l'éther ou l'alcool.

---

(1) Cf. GIRARDIN, *Leçons de Chimie élémentaire*, 5e édition, t. 5, Paris, 1875-1880, p. 195.

De ces déterminations analytiques je conclus que : 1° la matière renferme, en plus des matières aromatiques et résineuses, des matières animales propres au corps humain, représentées par l'azote organique et par le phosphate calcique retrouvés; que dans ces conditions la dénomination archéologique *pâte d'embaumement* est insuffisante; 2° ce procédé d'embaumement médiéval n'est pas sans efficacité puisqu'il a entravé la décomposition complète du cadavre pendant un demi-millénaire, bien que le cercueil, partiellement effondré, fût, depuis le XVIIIe siècle, enfoui en terre; 3° l'intrusion de la terre dans le cercueil paraît démontrée par les fortes proportions de silice et d'alumine, etc., décelées par l'analyse; cependant il est loisible de supposer qu'une certaine proportion est imputable à l'emploi lors de l'embaumement d'une terre sigillée ou bolaire, à titre d'agent dessiccatif et hémostatique; 4° la présence simultanée d'alumine, de potasse et d'acide sulfurique combiné, permet de supposer que l'alun a pu être employé dans l'embaumement; 5° l'absence de chlorures (sauf les traces imputables au corps humain), de sulfates solubles, laisse à penser que ni le chlorure de mercure ni le sulfate de mercure, selon la première opinion de Girardin, n'ont pu être employés dans cet embaumement.

Pour corroborer ces résultats analytiques, j'ai institué une série d'expériences synthétiques sur l'embaumement de la chair animale, pratiqué en laboratoire et pendant un laps de temps de 18 mois environ. A cet effet, j'ai placé en boîtes de Petri (non stériles et ouvertes de temps à autre) un mélange de chair musculaire de cheval, broyée avec ses parties osseuses et autres, et de poudres aromatiques usitées pour les embaumements (cannelle, santal, etc.), le mélange étant séparément additionné de sublimé corrosif, ou de calomel, ou de turbith minéral, ou de précipité *per se*, ou d'onguent, ou de baume mercuriel, c'est-à-dire de mercure préalablement émulsionné dans une résine pâteuse (styrax, térébenthine, baume du Pérou). J'ai constaté que ni le bichlorure, ni le sulfate, ni l'oxyde de mercure, ni l'onguent gras (napolitain) ne libéraient des globules de mercure; que le protochlorure (calomel) subissait une réduction libérant du mercure métallique, mais très faiblement, le chlore libéré étant décelable dans la matière; qu'au contraire, le mercure *éteint* par émulsion préalable entravait la décomposition putride du mélange et abandonnait peu à peu le mercure, qui se réunissait au bout de quelques mois en globules, grossissant spontanément, puis se détachant de la matière. D'où je conclus que c'est par un mode analogue ou identique, mettant en œuvre le mercure émulsionné, que fut pratiqué l'embaumement du duc de Bedford.

Un tel emploi, en cette circonstance historique, du mercure sous sa

forme métallique et « noble », paraît d'autant plus vraisemblable, que les iatrochimistes embaumeurs, appliquant à un aussi considérable personnage toutes les ressources de leur art, auront trouvé là un tour de main approprié pour pouvoir manier cette substance mobile et fugace qu'est le vif-argent, aux fins d'en enduire, oindre et imprégner le cadavre, sans longues macérations, pendant le court laps de temps entre le décès et les funérailles (14-30 septembre 1435).

En résumé, l'embaumement du duc de Bedford présenterait un curieux procédé de conservation des cadavres par l'emploi du mercure métallique sous la forme d'onguent balsamo-mercuriel, employé au XVe siècle, et depuis insoupçonné des auteurs qui ont traité l'histoire des embaumements. Ce procédé, par son élégance technique, fait (pour l'époque de sciences rudimentaires où il fut mis en œuvre) grand honneur aux praticiens chargés d'assurer la conservation posthume des restes mortels du grand homme d'état anglais.

GÉOLOGIE. — *De l'élaboration de silice et de calcaires siliceux par les algues du groupe de* Girvanella. Note de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. H. Douvillé.

Dans une Note précédente [1] j'ai signalé l'existence de cristaux d'albite au milieu des grains d'un calcaire granuleux élaboré par l'action des algues du groupe de *Girvanella* sur des organismes calcaires (tests de Mollusques, coquilles de Foraminifères, plaques d'Echinides) dans les roches de la base du Crétacé supérieur des Pyrénées occidentales. Je voudrais aujourd'hui m'occuper du calcaire granuleux lui-même.

Si l'on attaque à l'acide chlorhydrique étendu certains calcaires à Orbitolines cénomaniens qui forment les éléments des premiers conglomérats du Flysch crétacé, on constate qu'une grande quantité de petits Foraminifères résistent à l'action de l'acide : on peut ainsi les isoler et observer qu'ils sont entièrement transformés en calcédoine. C'est en particulier le cas d'une petite Rotalidée bien connue, *Discorbina globularis* d'Orb., d'une Pulvinuline dont les individus sont extrêmement abondants et d'un Textilaire dont la forme est celle de *Textilaria trochus* d'Orb., et aussi des nombreuses Orbitolines qui donnent au calcaire son caractère pétrographique et qui

(1) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 784.

sont voisines de *O. conica* et de *O. plana*. Mais on trouve en outre dans les résidus de l'attaque une très fine poussière de calcédoine.

Or, si l'on regarde une surface de la roche en voie d'attaque, on observe que cette fine poussière de calcédoine est répartie à la place où se trouve le calcaire granuleux précité. D'autre part l'examen de la roche en plaque mince révèle que les organismes devenus siliceux sont eux-mêmes gainés de ce calcaire granuleux; aussi sommes-nous conduits à admettre que l'élaboration de silice et la transformation d'organismes calcaires en organismes siliceux ont même cause première que la production du calcaire granuleux et sont précisément dues à l'action des algues du groupe *Girvanella*.

Toutefois la transformation est rarement aussi forte que celle qui vient d'être signalée et l'action de ces algues se réduit le plus fréquemment à l'élaboration d'un calcaire mélangé d'un silicate calcique et alumineux.

L'interprétation de l'analyse chimique d'une roche calcaire où l'action des algues sur les organismes est poussée fort loin montre que le silicate est tel que la silice y est unie à la chaux dans la proportion d'un métasilicate et que l'alumine s'ajoute au groupement molécule par molécule. La partie soluble du calcaire comptée pour 100 donnerait en poids 97,6 de carbonate de chaux et 2,4 de silicates alumineux et calciques de formule RO^2MO, l'alumine étant comptée partie pour acide, partie pour base.

Il est à présumer que tout le silicate alumino-calcique imprègne le calcaire granuleux, mais faute de pouvoir déterminer le pourcentage exact des organismes attaqués par les algues dans le dépôt sédimentaire qui constitue la roche, nous ne pouvons préciser s'il y est uni à beaucoup ou peu de carbonate de chaux. En d'autres termes nous ne pouvons exprimer avec certitude l'importance du travail chimique effectué par les algues.

Cette action des algues du groupe de *Girvanella* sur des organismes calcaires n'est pas particulière aux dépôts crétacés pyrénéens : on la retrouve encore dans les dépôts daniens et éocènes qui les surmontent et elle y est parfois intense sans aller cependant jusqu'à formation de la calcédoine.

Le test de certains organismes, tels que les Miliolidées, n'a gardé dans bien des cas son individualité que grâce à l'action de ces algues perforantes.

La cristallisation du calcaire atteint en effet toute la partie du test qui n'est pas attaquée et seule résiste à la cristallisation toute la partie que les algues ont transformée en calcaire granuleux.

Si l'étude micrographique de telles roches révèle l'importance de l'action des algues perforantes dans l'évolution minéralogique des dépôts sédi-

mentaires qui leur ont donné naissance, elle ne nous dit rien de l'origine première des substances élaborées par ces algues; celles-ci n'ayant agi nécessairement que comme agent fixateur de ces substances. Mais il me paraît difficile de ne pas penser que la source naturelle de la silice et de l'alumine fixée est l'argile. S'il en est ainsi, les algues dont nous venons d'étudier l'action auraient agi comme purificateur des eaux et ce fait expliquerait que les dépôts constitués au voisinage d'anciens récifs montrent particulièrement la force de leur action.

BOTANIQUE. — *Sur la structure du pédoncule des fleurs des Liliacées.* Note de Mme **Valentine Charles Gatin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

La structure du pédoncule floral d'un grand nombre d'espèces, appartenant aux diverses tribus des Liliacées, présente certains caractères anatomiques qui sont propres à cette famille et d'autres qui varient suivant les genres et les espèces auxquels on s'adresse. D'une manière générale, c'est dans la moitié supérieure du pédoncule que l'on trouve la plus grande constance spécifique dans la structure vasculaire. Le pédoncule renferme un certain nombre de faisceaux (généralement trois ou multiple de trois), sauf pour les fleurs dimères, tétramères et pentamères. Le nombre de ces faisceaux peut varier : depuis deux, comme chez le *Maianthemum*, jusqu'à trente, comme chez les *Tulipa*.

Ces faisceaux sont, suivant les genres et les espèces, groupés, sur une coupe transversale, en un ou plusieurs triangles ou en un ou plusieurs cercles. La forme et la constitution des faisceaux, constantes pour la même espèce, varie d'une espèce à l'autre. Le système fasciculaire, diversement constitué, est englobé dans une gaine de tissu composé de petites cellules polyédriques, à parois minces, sans méats entre elles. La partie externe de cette gaine fonctionne chez beaucoup de genres, comme zone génératrice, jusqu'à la complète formation du système fasciculaire du pédoncule. En dehors de cette gaine on trouve les assises corticales. Enfin, un épiderme, plus ou moins cutinisé, plus ou moins papilleux, plus ou moins riche en stomates, limite extérieurement l'écorce.

Cette diversité de structure du pédoncule floral chez les Liliacées permet de distinguer les différents genres, ainsi que les diverses espèces du même genre. Par exemple chez les *Muscari* on trouve, en coupe transversale, trois

petits faisceaux réunis en triangle vers le centre, et entourés par une large gaine de petites cellules. Chez le *M. racemosum* les faisceaux sont aplatis. La moelle est réduite à une ou deux cellules. La gaine de petites cellules s'étend autour des faisceaux sur quatre à cinq assises. L'écorce se compose de trois assises de cellules au moins trois fois plus grandes que celles de la gaine. L'épiderme est formé de cellules étroites, isodiamétriques, épaissies sur les faces internes et externes, à peine cutinisé et pauvre en stomates. Chez le *M. comosum*, le diamètre est plus grand. On trouve également trois faisceaux, mais leur section transversale est plus allongée. La moelle est plus large, ainsi que la gaine et l'écorce. Les cellules épidermiques sont également étroites, mais moins épaissies. Les stomates sont plus nombreux; leur forme, quoique légèrement différente, rappelle celle des stomates de *M. racemosum*.

Chez le genre *Allium*, il y a généralement six à douze faisceaux dans le pédoncule; sur une coupe transversale, on voit que trois d'entre eux, plus forts que les autres, forment le triangle interne; les autres, très petits, se disposent, suivant les espèces, soit en triangle externe, alternant avec le précédent, soit en un cercle extérieur au triangle interne. La forme et la constitution de ces faisceaux sont caractéristiques pour ce genre. La moelle est plus large que chez les diverses espèces de *Muscari*. Les cellules qui la composent sont grandes et laissent des méats entre elles. La gaine de petites cellules ne s'étend pas en dehors des faisceaux. L'épiderme, bien que construit sur le même plan dans tout le genre *Allium*, présente des caractères qui varient d'une espèce à l'autre.

Chez les *Phalangium*, neuf faisceaux, presque de la même dimension, sont rangés en trois groupes de trois faisceaux suivant un cercle chez le *Ph. Liliago* et suivant une ellipse chez le *Ph. ramosum*. De plus, les deux espèces diffèrent l'une de l'autre par l'épiderme, à cuticule lisse chez le *Ph. Liliago* et à cuticule finement ondulée chez le *Ph. ramosum*. Les stomates sont nombreux et construits sur le même type dans les deux espèces; cependant il existe une légère différence dans l'épaississement des faces interne et externe des cellules stomatiques.

Mais cette structure très simple, malgré les multiples combinaisons que présente le système fasciculaire, se complique lorsqu'on s'adresse aux Tulipées. Ainsi chez l'*Erythronium Dens canis*, trois grands faisceaux internes alternent avec trois petits. De plus, quinze faisceaux minuscules sont disposés en dehors dans une zone que l'on peut qualifier de « génératrice ».

Chez le genre *Fritellaria*, une coupe montre trois grands et larges faisceaux rangés en triangle autour de la moelle et trois petits faisceaux allongés radialement, disposés en triangle externe, alternant avec le premier. De plus, douze petits faisceaux, entourent les faisceaux précédents et sont situés dans une zone génératrice.

Chez le genre *Tulipa* six grands faisceaux sont rangés en cercle autour de la moelle, tandis que six petits faisceaux sont disposés extérieurement en deux triangles alternes. De plus, suivant les espèces, un grand nombre de faisceaux, de dimension variable, sont disposés dans une large zone génératrice.

Chez les *Lilium*, il y a également six grands faisceaux disposés en cercle vers le centre, mais ils diffèrent du genre *Tulipa* par leur dimension, leur forme et par la disposition des éléments vasculaires du bois par rapport au liber. En dehors de ce premier cercle de faisceaux, on trouve un deuxième cercle formé de six faisceaux ou de six groupes de petits faisceaux alternant avec les faisceaux internes. Enfin, un troisième et dernier cercle, composé d'un nombre variable de faisceaux, se trouve en dedans d'une zone génératrice, qui est bien plus large que dans le genre *Tulipa*. Le nombre et la disposition des faisceaux des deux cercles externes relativement au nombre et à la disposition des faisceaux du cercle interne, ainsi que le rapport des tissus qui entourent le système fasciculaire varie avec les espèces.

En résumé, l'étude anatomique du pédoncule floral des *Liliacées* permet de distinguer anatomiquement les divers genres de cette famille, ainsi que les diverses espèces d'un même genre. Les simples variétés d'une même espèce ne possèdent pas de caractères distincts, dans la structure du pédoncule.

Les caractères sur lesquels on peut se baser pour la détermination anatomique des genres et des espèces sont les suivants :

1° Le nombre des faisceaux constituant le système fasciculaire du pédoncule ;

2° Le groupement de ces faisceaux ;

3° Les dimensions transversales des faisceaux les uns par rapport aux autres ;

4° La situation des faisceaux par rapport à la moelle ;

5° La forme des faisceaux et le rapport entre les éléments vasculaires et le liber.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Répartition des éléments minéraux et de l'azote chez le végétal étiolé.* Note de M. G. André, présentée par M. L. Maquenne.

Les expériences récentes de MM. Maquenne et Demoussy ([1]) ayant fixé l'influence de la présence du calcium sur le développement de la radicule et l'abondance des poils radicaux pendant la germination des graines de pois, il m'a semblé digne d'intérêt d'examiner quelles étaient les proportions des matières minérales et d'azote qui, pendant l'étiolement, passent des cotylédons dans la plantule, dans le cas de graines germant à l'obscurité absolue au sein d'un milieu inerte. Voici l'expérience que j'ai disposée à cet égard.

I. 111 graines de haricots blancs, pesant 130^g, ont été enfouies le 5 juillet 1918, sous une couche de sable de Fontainebleau traité au préalable par les acides et l'eau distillée, puis calciné. Ce sable a été arrosé régulièrement tous les jours. L'essai a pris fin le 30 juillet. A cette date, les plantes étiolées étaient en bon état, sans traces de moisissures; la longueur de leurs tiges variait de 30^{cm} à 35^{cm}. On a extrait ces plantes de leur milieu sableux, on a lavé légèrement les racines, puis on a séparé les cotylédons des plantules (racines et tiges). Les poids de matière mise en expérience, rapportés à 100 graines et à 100 plantules issues de ces graines, sont les suivants :

	Matière fraîche.	Matière séchée à 110°.	Eau dans 100 parties.
	g	g	
État initial, poids de 100 graines..........	117,1	100,94	13,81
État final { poids des cotylédons..........	97,0	31,53	67,50
État final { poids des racines et des tiges...	346,84	38,55	88,89
	443,84	70,08	

L'ensemble : cotylédons, tiges, racines a donc perdu 30,16 pour 100 de son poids par rapport aux graines initiales, du fait de l'étiolement.

L'analyse des graines, destinée à déterminer l'état initial, a été exécutée sur des graines aussi semblables que possible à celles que l'on a mises dans le sable. Le Tableau suivant contient la répartition des éléments minéraux et de l'azote chez ces graines initiales, puis dans les plantules étiolées. Le

([1]) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 979; t. 165, 1917, p. 45.

soufre et le phosphore totaux (calculés en P^2O^5 et SO^3) ont été dosés en attaquant la matière séchée par l'acide nitrique fumant en présence d'un peu de nitrate de potassium.

		Azote total.	CaO.	MgO.	K^2O.	P^2O^5.	SO^3.
100 graines renferment à l'état initial......		g 2,9374	g 0,2220	g 0,2866	g 2,0390	g 0,9828	g 0,6561
100 plantules renferment	cotylédons.....	0,7914	0,1481	0,1545	0,7819	0,2558	0,2112
	racines et tiges.	2,1283	0,0771	0,1349	1,0448	0,6619	0,4627
Total (cotylédons, racines, tiges)......		2,9197	0,2252	0,2894	1,8267	0,9177	0,6739
Répartition des éléments pour 100 du total	cotylédons.....	27,11	65,77	53,38	42,80	27,87	31,34
	racines et tiges.	72,89	34,23	46,62	57,20	72,13	68,66

II. L'examen des chiffres inscrits dans ce Tableau donne lieu aux remarques suivantes :

La *chaux* demeure en grande partie (les deux tiers environ) dans les cotylédons, comme si cette base existait dans ces organes sous une forme peu diffusible (¹). La *magnésie* passe, dans les plantules, en plus forte proportion que la chaux; son rôle dans la synthèse des composés phosphorés est bien connu : le phosphate de magnésium se dissociant plus aisément que celui de calcium. De toutes les bases contenues dans la graine, la *potasse* est celle qui a émigré le plus complètement hors des cotylédons. Il est vraisemblable que cette émigration doit être mise sur le compte de sa grande diffusibilité. En l'absence de lumière, comme dans le cas actuel, il ne peut, en effet, être question de son rôle dans la formation de l'amidon. J'ai montré d'ailleurs (²) que l'exosmose de la potasse, hors des graines immergées dans l'eau, est très rapide et à peu près totale après un temps suffisant.

On remarquera que, par rapport à la graine initiale, il existe un déficit de $\frac{1}{10}$ entre les teneurs en potasse. Il est possible que cet écart soit imputable à une variation de la teneur en potasse chez les graines mises en expérience, malgré leur homogénéité apparente. On peut aussi supposer que, au fur et à mesure des progrès de l'étiolement, une certaine quantité de cette base ait exosmosé des cotylédons vers le milieu extérieur.

La relation la plus remarquable que l'on constate est celle qui concerne

(¹) D'après Palladin (*Ber. botan. Gesells.*, 1891, t. 9, p. 229), le manque de chaux est une des causes pour lesquelles les feuilles étiolées de fèves demeurent sans développement.

(²) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1103.

la répartition de l'*azote* et de l'*acide phosphorique*. Les trois quarts environ de ces deux matières ont abandonné les cotylédons et se sont transportés vers les plantules. Il est bien connu que, pendant la période de croissance d'une plante normale, il existe une ascension et un dépôt concomitants de ces deux substances venant du sol. Dans le cas actuel, le même fait se produit; mais la plantule ne peut ici emprunter ces matières qu'à ses propres cotylédons. La répartition du *soufre* suit une marche analogue à celle du phosphore.

Tels sont les faits qui traduisent la nutrition minérale des plantules étiolées, dont le développement, dans ce milieu inerte, n'est assuré qu'aux dépens des seules réserves accumulées dans les cotylédons.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Considérations sur la constitution du système musculaire général des Vertébrés.* Note de M. **J. Chaine**, présentée par M. Edmond Perrier.

Si, chez les Vertébrés, on enlève tous les muscles des membres qui s'étalent sur le tronc, on découvre un système musculaire possédant, comme je l'ai précédemment montré [1], une métamérie nette et régulière, évidente ou dissimulée, mais partout présente. Cette métamérie n'est autre chose qu'un souvenir, un reste pour mieux dire, de la segmentation embryonnaire, les muscles tirent leur origine des myotomes ou des cavités céphaliques suivant la région envisagée.

La segmentation de la tête a donné lieu à une série de controverses très longues et très sérieuses. Tandis que des auteurs, comme Balfour, van Wijhe, Rabl voient dans les cavités céphaliques des dérivés des métamères embryonnaires subdivisés par la formation des poches branchiales en segments distincts, d'autres avec Froriep les considèrent comme n'ayant aucun rapport avec les somites primitifs. Je n'entrerai pas dans cette discussion par la raison que la question d'origine de ces éléments n'a aucune importance pour la thèse que j'ai à soutenir ici. Je me bornerai à signaler, et c'est là le seul point important à indiquer pour le travail présent, que les cavités céphaliques, une fois formées, prolongent régulièrement en avant, sur la face ventrale, les métamères du corps et ne troublent par conséquent en rien la segmentation primitive.

---

[1] J. Chaine, *Remarques sur la métamérie des Vertébrés* (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 733).

Donc, quelle que soit la partie du corps envisagé, les muscles ne peuvent tirer leur origine que d'éléments métamériquement disposés, et cela par un des processus que j'ai indiqués dans mes Notes antérieures [1]. Mais si ces organes ont une identité d'origine, leur disposition est, par contre, influencée par la formation des différentes régions du corps : tête, cou, thorax, abdomen; chacune d'elles se présentant avec ses caractères propres et ses exigences particulières. Cependant cette influence n'est pas aussi considérable pour *les muscles formant l'enveloppe générale du corps* qu'on serait tenté de le penser au premier abord; pour s'en convaincre, il suffit d'examiner successivement chacune de ces régions, cette étude montrant que dans chacune d'elles les muscles se comportent d'une façon analogue et passent même de l'une à l'autre comme si aucune frontière ne les séparait.

C'est ainsi que, au niveau du cou, si certains muscles ont des caractères spéciaux par suite des fonctions particulières résultant de la présence des arcs branchiaux, ceux qui constituent l'enveloppe musculaire générale présentent des traits communs avec ceux des autres parties du corps, et cela dans toutes les classes de l'embranchement. Ces muscles s'étendent sur toute la région et la recouvrent depuis l'arc mandibulaire ou le crâne jusqu'à la ceinture scapulaire (muscles épi et hypobranchiaux des Vertébrés inférieurs, génio-hyoïdien, sterno-hyoïdien, sterno-cléido-mastoïdien, etc.). Les uns sont continus, d'autres coupés métamériquement par des intersections tendineuses, il y en a de courts et de longs et même quelques-uns d'entre eux s'étendent loin caudalement de façon à entrer en relation avec des muscles thoraciques qu'ils semblent dès lors prolonger vers l'avant, disposition d'ailleurs normale chez les êtres dépourvus de ceinture scapulaire : faisceaux des muscles hypobranchiaux des Poissons continuant les droits, scalènes allant des côtes au cou, chondro-hyoïdiens de quelques carnassiers se rendant des côtes à l'hyoïde, etc. Il est en outre à remarquer que ces formations peuvent être innervées à la fois par des nerfs cervicaux et des nerfs thoraciques, c'est le cas des scalènes par exemple.

Au niveau du thorax, les côtes divisent la couche musculaire pariétale en segments successifs; cette division est un souvenir de la métamérie embryonnaire, les côtes étant dues à l'ossification des myoseptes et n'ayant

---

(1) J. Chaine, *Contribution à la phylogénie des muscles* (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 649).

par conséquent pas d'autre signification morphologique que ceux-ci. L'ensemble des muscles costaux coupés par les côtes est donc comparable aux muscles cervicaux divisés par leurs intersections tendineuses, seulement les coupures thoraciques sont plus générales, plus régulières et plus profondes. Mais ici encore, comme au cou, il est des muscles qui s'étendent sans coupure sur tout le thorax et quelques-uns même qui se continuent au delà des limites de la région soit avec les muscles cervicaux, soit avec les muscles abdominaux : Chez les Vertébrés où les côtes n'atteignent pas la ligne médio-ventrale, les muscles se poursuivent sans interruption sur toute la longueur du thorax; chez les autres on note parfois des sous-costaux s'étendant de la troisième à la douzième côte; le même fait, mais moins net en général, se présente pour les surcostaux; des intercostaux peuvent anormalement recouvrir plusieurs espaces sans être coupés par les côtes, etc.; quant aux faisceaux se poursuivant sur la région cervicale, j'en ai cité précédemment plusieurs exemples (scalènes, etc.); plus loin j'indiquerai ceux qui se rendent sur l'abdomen.

Au niveau de l'abdomen une disposition spéciale est à noter, disposition d'ailleurs qui n'a pas grande importance et qui s'explique fort bien. Par suite du grand développement de cette région, dû au volume des organes internes, chez la plupart des vertébrés quelques muscles de la paroi prennent une direction oblique, mais si ces organes ne sont plus longitudinaux, ils possèdent cependant comme ceux du cou et du thorax une métamérie nettement marquée par divers caractères comme je l'ai dernièrement indiqué dans une Note communiquée à la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux [1]. Ici encore des muscles de la région passent normalement ou accidentellement, suivant les cas, sur la région voisine, le thorax, et parfois même atteignent le cou : il n'est pas rare, en effet, de voir chez l'Homme le grand droit de l'abdomen se prolonger jusqu'aux premières côtes et même jusqu'à la ceinture scapulaire; ce prolongement décrit sous des noms divers n'est que le représentant d'une disposition normalement observée chez beaucoup de vertébrés (des Singes, Carnassiers, Rongeurs et la plupart des vertébrés inférieurs); le transverse du thorax ou triangulaire du sternum n'est qu'un reliquat du transverse de l'abdomen primitivement étendu jusqu'au cou, ces deux muscles sont même si souvent

---

[1] J. Chaine, *Observations sur la métamérie des muscles abdominaux des Mammifères* (*Procès-verbaux des séances de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, séance du 21 novembre 1918).

unis que Theile considère cette union comme normale et que Rosenmüller a décrit ces deux muscles comme une formation unique à laquelle il a donné le nom de muscle sterno-abdominal; les intercostaux externes échangent des fibres avec le grand oblique qu'ils continuent au thorax; etc.

Vers la queue, par suite de l'absence de la cavité viscérale, les muscles ventraux font défaut. Quant aux muscles dorsaux, toujours d'aspect métamérisé, ils se continuent les uns dans les autres longitudinalement et poursuivent même ceux du tronc.

Donc, comme conclusion, quelle que soit la région d'un Vertébré qu'on examine, et quels que soient les accidents d'organisation qu'on puisse y rencontrer (côtes, ceintures des membres, etc.), toujours et partout existe une couche musculaire pariétale, continue, nettement métamérisée et s'étendant avec les mêmes caractères généraux de l'arc mandibulaire à l'extrémité terminale du corps; les muscles qui la constituent se poursuivent régulièrement les uns dans les autres et passent, normalement ou accidentellement suivant les cas, d'une région à la voisine. Cette couche musculaire, pariétale et uniforme, constitue ainsi une sorte de fourreau général contenant les viscères.

ZOOLOGIE. — *Sur l'adaptation du pied au milieu ambiant chez les Actinies des grands fonds sous-marins.* Note de M. **Ch.-J. Gravier**, présentée par M. Edmond Perrier.

Chez les Actinies des grandes profondeurs sous-marines, l'une des particularités les plus curieuses, au point de vue biologique, est offerte par la plasticité du pied ou sole pédieuse qui permet à ces animaux de s'adapter à des conditions de milieu très variées, comme j'ai pu le constater par l'étude des animaux de ce groupe recueillis au cours des croisières du Prince de Monaco. Normalement, les Actinies s'établissent sur un fond solide, roches ou coquilles. L'*Allantactis parasitica* Dan. vit fréquemment sur la coquille d'un Gastéropode du genre *Neptuna* (*N. curta* Friele). Mais ce support, pour être le plus habituel, n'est pas constant; la même Actinie peut vivre sur un caillou ou directement sur la vase. A l'époque où elle abandonne la vie pélagique, la larve peut se fixer sur une coquille de petite taille qui constitue un support suffisant pour un certain temps. L'animal, en grandissant, l'enveloppe peu à peu et finit par la recouvrir entièrement; il doit ensuite l'abandonner et l'on trouve alors, dans la région centrale de la sole pédieuse,

l'empreinte des tours de spire de la coquille sur laquelle l'animal a commencé son existence sédentaire; c'est ce que j'ai observé sur plusieurs exemplaires d'*Allantactis parasitica*.

Il arrive souvent que la vase de diverses natures qui couvre d'immenses surfaces au fond des océans est d'une consistance trop faible pour supporter l'Actinie qui s'y maintiendrait difficilement en équilibre. On voit alors la sole pédieuse se replier vers le bas, de façon à circonscrire une poche remplie de boue et ne communiquant avec l'extérieur que par un orifice étroit. Chez l'un des exemplaires de *Chondractinia nodosa* (Fabr.) que j'ai étudiés, la cavité pédieuse était presque entièrement occupée par un gros caillou devenu trop petit pour servir de support à l'animal. Des faits du même ordre ont été signalés par Verrill sur certains spécimens d'*Actinostola callosa* Verr. Lorsque la sole pédieuse se transforme ainsi et surtout lorsqu'elle englobe des cailloux qui déplacent le centre de gravité vers le bas, elle sert, non seulement à ancrer, mais aussi à lester l'animal et lui permet de se maintenir en équilibre dans un milieu semi-fluide.

Sur les fonds mous où elles sont parfois amenées, les Actinies abyssales utilisent tous les objets solides qu'elles trouvent à leur portée. L'un des exemplaires du *Chitonanthus abyssorum* Grav., recueilli à 4870^{m} de profondeur, reposait sur un tube de Sabellien que la sole pédieuse enveloppait complètement et qu'elle avait replié sur lui-même. Le support était faible, mais l'Actinie, avec sa base à deux branches arquées vers le bas, pouvait se soutenir verticalement à la surface du milieu peu stable constitué par la vase à Globigérines où elle vivait.

Les spicules d'Eponges sont souvent mis à profit par les Actinies des grands fonds. Deux exemplaires de *Stephanactis impedita* Grav. (profondeur : 2286^{m}) sont fixés sur des spicules d'Eponges, les uns, robustes, à trois axes, les autres, plus faibles, à un axe. Les bords du disque pédieux se sont repliés sous l'animal, de façon à former une poche remplie de sable vaseux qui communique avec l'extérieur par cinq ouvertures d'où émergent les spicules et qui sont reliées entre elles par de grosses lignes de suture délimitant les portions du disque pédieux qui forment la poche.

Des spicules à un axe, disposés parallèlement les uns aux autres, peuvent constituer un plancher solide assez large pour que la sole pédieuse s'y étale suffisamment. Quand le nombre des spicules devient trop petit, le disque pédieux se replie en gouttière de chaque côté de la base trop étroite. Quand il n'y a plus qu'un seul spicule, la sole pédieuse l'enveloppe et lui constitue une sorte de fourreau. J'ai observé tous ces cas chez des exemplaires de

Chitonanthus indutus Grav. Ce sont là des faits qui rappellent ceux que j'ai signalés chez les Madréporaires des grandes profondeurs ([1]).

Beaucoup d'Actinies recherchent comme support les tiges grêles de certains Alcyonaires arborescents encore pourvus de leurs polypes ou réduits à leur squelette. Elles sont alors allongées plus ou moins fortement dans le sens de leur support, que le pied enveloppe à la manière d'une gaine. La surface de la cannelure a presque toujours une teinte jaune, due à un revêtement chitinoïde sécrété par l'ectoderme du pied. G. v. Koch, qui observa ce revêtement chez le *Gephyra Dohrnii* Koch, le regarda comme étant de même nature que l'axe corné des Antipathes; aussi considéra-t-il cette Actinie comme se rattachant aux formes originelles des Antipathes, d'où le nom de genre qu'il lui a donnée. En réalité, les *Gephyra* sont, comme l'avait pressenti Marion, des Actinies normales et la couche chitinoïde que l'on retrouve chez les animaux du même groupe qui ont un habitat semblable, n'a point la signification que Koch lui attribuait. Il est à remarquer que chez les Actinies qui s'attachent à un support grêle, l'allongement se fait perpendiculairement au plan de symétrie marqué par les siphonoglyphes; c'est ce que j'ai constaté chez le *Stephanactis impedita* Grav., le *S. inornata* Grav., le *Gliactis crassa* Grav., etc. L'allongement de l'axe perpendiculaire au plan de symétrie, par suite de la fixation sur un objet bacilliforme, qui a été regardé comme l'un des caractères de la famille des *Amphianthidæ* R. Hertwig n'a, en réalité, aucune valeur taxonomique, car il existe chez des Actinies appartenant à diverses familles qui diffèrent entre elles par tous leurs autres caractères. L'orientation du plan de symétrie, constante chez les espèces citées ci-dessus, n'existe pas toujours chez le *Gephyra Dohrnii*, dont j'ai pu examiner d'assez nombreux exemplaires fixés sur des rameaux d'*Isidella elongata* (Esper), durant mon séjour à la Station zoologique de Naples, en 1917.

Une autre disposition très spéciale du pied se manifeste chez une Actinie commensale d'une Holothurie abyssale, le *Pseudostichopus villosus* Théel (profondeur : 4275^{m}). Cette Actinie (*Sicyopus commensalis* Grav.) se loge dans une cavité assez profonde qu'elle se ménage dans le tégument de l'Holothurie, au voisinage de la bouche qui est franchement ventrale. Elle a la forme d'un disque biconvexe épais, dont la face inférieure, constituée par le pied, est plus fortement bombée que la face supérieure qui correspond à la colonne. La partie périphérique de la sole pédieuse présente des

([1]) Cf. *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 380.

dépressions circulaires qui, très vraisemblablement, fonctionnent comme ventouses, ce qui permet à l'animal de se maintenir solidement dans sa cuvette située sur la face ventrale de l'Holothurie.

On sait que, chez les Actinies nageantes, le pied se transforme en un flotteur; chez un type nouveau des collections du prince de Monaco, le *Nectactis singularis* Grav., la cavité pédieuse est extrêmement réduite, presque virtuelle, et cette réduction du pied chez les Actinies pélagiques, plus marquée encore chez les formes pivotantes, fait contraste avec le développement considérable que cet organe prend chez les *Chondractinidæ*.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Sur les caractères et l'origine d'un groupe de tumeurs rapportées à tort à la classe coccygienne de Luschka.* Note [1] de MM. **Alezais** et **Peyron**, présentée par M. Quénu.

Les anatomo-pathologistes allemands décrivent un groupe spécial de tumeurs sacro-coccygiennes dont ils rapportent l'origine aux éléments périvasculaires de la glande coccygienne sous le titre de périthéliomes.

Cette notion émise d'abord par Braun (1864), Kolaczek (1875), Buzzi (1867) a été surtout développée par Ernst et son élève Hleb-Kosanska.

En France, Curtis et Lefort ont repris et développé la même interprétation [2].

Nos recherches, appuyées sur l'étude du développement de la région sacro-coccygienne chez les Mammifères et les Oiseaux, nous conduisent à une opinion différente. Ces soi-disant périthéliomes sont des néoplastes d'origine neuro-épithéliale qui nous paraissent provenir des vestiges du segment caudal de la moelle épinière, signalés par Tourneux et Hermann (1887) [3].

En éliminant la tumeur de Curtis et Lefort, qui représente, avec sa structure vacuolaire spéciale, un cas typique de chordome d'un vestige coccygien de la notochorde, nous pouvons retenir, dans l'ensemble des tumeurs coccygiennes que nous

(1) Séance du 9 décembre 1918.

(2) *Revue de Chirurgie*, 1910.

(3) Sur l'origine des tumeurs congénitales de la région sacro-coccygienne (*Journal de l'Anatomie*, 1905).

avons étudiées, trois cas d'homologies assez étroites, auxquels s'applique exactement la description des auteurs allemands. Les arguments invoqués en faveur de l'origine périthéliale étaient les suivants :

1° L'*architecture lobulaire de la tumeur*. En réalité, la répartition des cloisons conjonctives est trop variable pour qu'on puisse parler de véritable texture lobulaire;

2° L'*orientation périvasculaire des éléments néoplasiques*. Elle est en effet fréquente et remarquable : on observe des éléments fusiformes allongés disposés radiairement en collerettes à la périphérie des endothéliums vasculaires, mais nous avons pu mettre en évidence une membrane basale interposée entre l'endothélium et les cellules de la collerette. Il s'agit de connexions purement topographiques, toujours secondaires, et souvent incomplètes. Nous n'avons observé nulle part la prolifération néoplasique d'un endothélium vasculaire ou celle d'un problématique périthélium;

3° *Présence en certains points de la tumeur de pelotons capillaires* entourés de manchons d'éléments épithélioïdes reproduisant la structure typique de la glande coccygienne. Un tel caractère serait décisif en faveur de la théorie allemande, mais il est inexact; et pour la tumeur de Curtis en particulier, nous pouvons confirmer qu'il s'agit d'un glomus coccygien normal, refoulé et englobé par la tumeur, à laquelle il demeurait étranger.

Par contre, les caractères morphologiques suivants, que nous avons pu mettre en évidence, plaident en faveur de l'origine de nos tumeurs aux dépens des vestiges coccygiens de la moelle épinière.

1° *Présence de cavités et de canaux à revêtement neuro-épithélial qui représentent des diverticules du tube neural embryonnaire à des stades divers de son évolution.* — Les plus petites de ces formations (pseudo-acini) ne renferment jamais, contrairement aux affirmations de Kolaczek, d'axe conjonctivo-vasculaire. Par contre on peut y observer l'appareil spécial des bandelettes unitives, qui constitue la limitante interne du tube neural primitif.

Les plus volumineuses développées parfois en micro-kystes offrent un revêtement assez polymorphe de cellules cubiques et cylindriques avec végétations papillaires fréquentes, on y rencontre par places des cils vibratiles d'origine épendymaire.

2° *Présence d'éléments cellulaires anastomosés analogues aux spongioblastes du tube neural embryonnaire.* — Dans certaines zones on observe des chaînes radiées constituées par des éléments allongés et anastomosés à cytoplasme filamenteux. L'ensemble rappelle le réticulum toujours discuté des spongioblastes de la moelle embryonnaire, sans qu'on puisse toutefois établir une assimilation complète. Ces dispositifs fibrillaires paraissent avoir trompé Melenewsky qui, croyant y voir des fibres musculaires lisses, conclut en faveur de la nature conjonctive de sa tumeur.

En réalité, ce réseau ne se laisse pas imprégner par les colorants électifs du tissu conjonctif.

3° *Présence de fibrilles d'origine épendymaire.* — Sur ce réseau d'architecture filamenteuse et vacuolaire, tranchent de fines fibrilles colorées en noir par la laque ferrique et en rouge par la méthode de Mallory à la fuchsine-aniline. Nous les assimilons aux fibrilles étudiées par Weigert et par Mallory (1) au niveau de l'épendyme et de ses dérivés. Elles sont remarquablement minces et affectent parfois un trajet en forme de vrille.

Par cet ensemble de dispositions nos tumeurs correspondent bien aux vestiges médullaires du fœtus humain, qui constituent tantôt des cavités à lumière irrégulière, tantôt des amas cellulaires pleins ramifiés et anastomosés. Le polymorphisme du vestige normal, comme celui de la tumeur, n'est qu'apparent et correspond simplement à des stades évolutifs variables d'un tube médullaire arrêté dans son développement.

Le stade de différenciation des neuroblastes nous a paru jusqu'ici faire défaut dans les deux cas.

Ainsi constituées, ces néoplasies à type neuro-épithélial pur, ne doivent pas être confondues avec les proliférations polymorphes de tissu nerveux embryonnaire qui s'observent dans l'évolution des tératomes sacro-coccygiens. Outre la présence de divers dérivés multiples d'origine ectodermique, endodermique, ou mésodermique, les néoformations neuro-embryonnaires de tératomes présentent ordinairement des ébauches ou annexes cérébrales (plexus choroïde, rétine, etc.) et surtout elles offrent des tendances évolutives vers le neuroblaste et la cellule ganglionnaire d'une part, la cellule névroglique adulte d'autre part, qui sont beaucoup plus accentuées que dans nos tumeurs. Ces dernières nous paraissent devoir figurer dans la classification à côté des tumeurs des ventricules cérébraux et des épendymomes.

---

(1) Mallory, *Three gliomata of ependymal origin* [*Journal of medical Research* (1902), n° 1].

CHIRURGIE. — *Action ostéogénétique du tissu osseux mort.* Note de M. **Heitz-Boyer**, présentée par M. Roux.

Une série d'opérations faites depuis deux ans pour « greffes » osseuses, nous ont permis de constater que l'implant ([1]) d'os mort possède des qualités pratiquement équivalentes à celles d'un implant d'os vivant, et que la régénération peut se produire alors même qu'il y a élimination de l'implant, pourvu que cette élimination soit suffisamment tardive ([2]). Cette régénération osseuse obtenue à l'aide d'un os mort (que cette mort soit survenue avant ou après l'introduction dans le foyer de pseudarthrose) s'explique si l'on admet, dans toute ostéogenèse « dite par greffe », l'intervention combinée de trois facteurs ([3]) : *a*) un facteur mécanique, le greffon servant de tuteur-conducteur pour les cellules de néoformation (ce rôle est temporaire, minime, ou même nul quand le greffon doit s'éliminer); *b*) une action irritative pour les extrémités osseuses contiguës, où elle provoque les phénomènes inflammatoires d'ostéite, nécessaires à toute réparation osseuse chez l'adulte ([4]); *c*) une action chimique, consistant d'une part en un « dépôt de matériel calcaire », mais relevant aussi probablement d'un processus plus complexe de nature diastasique ([5]).

Ce processus est réalisé aussi bien avec un os mort qu'avec un os vivant. Cependant il se pourrait que l'implant tel quel, c'est-à-dire non soumis

---

([1]) Nous préférons le terme *implant*, qui ne préjuge de rien, au mot *greffon*, communément employé et qui impliquait l'idée d'un tissu poursuivant son évolution vitale après son inclusion : il semble en effet que d'une façon générale, les tissus d'origine conjonctive qu'on greffe n'ont qu'une vie transitoire, étant secondairement pénétrés et comme revivifiés par les bourgeons émanés des tissus adjacents; pour les greffes de tissus osseux, Cornil et Coudray avaient démontré ce processus dès 1902.

([2]) Nous avons pu, dans sept de nos observations personnelles, obtenir ainsi des régénérations osseuses atteignant jusqu'à 6^{cm}, avec guérison complète de la perte de substance. Ces faits rappellent ceux déjà publiés de Kausch, Lexner, Sicard et Dambrin.

([3]) Heitz-Boyer, *Esquillectomie et réparation des pertes de substance* (*Congrès de Chirurgie*, 11 octobre 1918).

([4]) Heitz-Boyer et Scherkewitch, *Du processus de régénération osseuse chez l'adulte* (*Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 518).

([5]) Heitz-Boyer, *Congrès de Chirurgie*, octobre 1917.

à la stérilisation, soit à l'ébullition, soit à l'autoclave, fût préférable parce qu'il présente la substance de l'os moins modifiée, bien que cet implant meure sur place dans un temps assez court.

Ces propriétés ostéogéniques du tissu osseux mort en font un matériel d'ostéosynthèse, qui nous semble préférable pour le traitement sanglant des fractures, au matériel métallique communément employé jusqu'ici, et nous avons pu en faire la réalisation pratique sous forme de vis, plaques, chevilles et surtout clavettes.

A 16 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de présenter une liste de candidats à l'une des places de la Division des Applications de la science à l'industrie, présente, par l'organe de M. le Président, la liste suivante :

En première ligne	M. Georges Charpy
En seconde ligne, ex æquo et par ordre alphabétique	MM. Hilaire de Chardonnet Georges Claude Charles Rabut

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17 heures et demie.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 DÉCEMBRE 1918.

PRÉSIDENCE DE M. P. PAINLEVÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** adresse ampliation du décret, en date du 20 décembre 1918, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **A. Rateau**, pour occuper une des places de la Division des *Applications de la Science à l'Industrie*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **A. Rateau** prend place parmi ses confrères.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une série de surfaces à courbure totale constante telles que leurs lignes de courbure forment un réseau du type* pA', $-pB'$. Note de M. **C. Guichard**.

Le réseau formé par les lignes de courbure d'une surface à courbure totale constante est à la fois C et O. Réciproquement, tout réseau C et O est un réseau parallèle à celui que forment les lignes de courbure d'une surface à courbure totale constante. Il est naturel de chercher ceux de ces réseaux qui correspondent à une équation intégrable par la méthode de Laplace. A ce point de vue, on ne connaît jusqu'ici que les surfaces à lignes de courbure planes ou sphériques dans un système, auxquelles il faut ajouter toutes celles qu'on peut en déduire par la transformation Bianchi-Bäcklund. Je vais montrer qu'on peut former de nouvelles surfaces; la

détermination de ces surfaces dépend de la recherche de courbes spéciales situées dans un espace d'ordre quelconque.

Le réseau cherché, ainsi que celui sur lequel il est applicable, est C et O. Si l'on se reporte aux divers types de réseaux C et de réseaux O [1], on voit que les réseaux cherchés appartiennent au type pA', $-pB'$; ou au type pA', $-(p+1)B'$. Je vais prendre d'abord le premier cas. Il correspond au cinquième type de mon Mémoire *Étude des propriétés métriques des courbes dans un espace d'ordre quelconque* [2]. Je suppose d'abord $k=1$, ce qui donne les réseaux $2A'$, $-2B'$, ou, en intervertissant les variables, les réseaux $2B'$, $-2A'$. Je forme une première surface (S) définie par les équations

$$\begin{aligned} Y_1 &= X_1 + px_1, & Y'_1 &= X'_1 + qx'_1, \\ Y_2 &= X_2 + px_2, & Y'_2 &= X'_2 + qx'_2, \\ Y_3 &= X_3 + px_3, & Y'_3 &= X'_3 + qx'_3, \\ & & Y'_4 &= X'_4 + qx'_4, \end{aligned}$$

où X_1, X_2, X_3 sont des fonctions de u, le point de coordonnées $X_1 X_2 X_3$ décrit une courbe isotrope; x_1, x_2, x_3 sont les paramètres directeurs des tangentes à cette courbe; de même le point (X'_1, X'_2, X'_3, X'_4) décrit une courbe isotrope, dépendant d'un paramètre v, dans un espace d'ordre 4; x'_1, x'_2, x'_3, x'_4 sont les paramètres directeurs des tangentes à cette courbe; p et q sont déterminés par les équations

$$Y_1 + iY'_1 = 0, \qquad Y_2 + iY'_2 = 0. \tag{1}$$

Les coordonnées du point qui décrit (S) sont

$$Y_3, \quad Y'_3 \quad \text{et} \quad Y'_4.$$

Le ds^2 de la surface est

$$ds^2 = p^2(dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2) + q^2(dx_1'^2 + dx_2'^2 + dx_3'^2 + dx_4'^2). \tag{2}$$

Je détermine de la même façon une seconde surface Σ, seulement j'intervertis les variables, c'est-à-dire que la courbe isotrope dans l'espace d'ordre 4 dépend du paramètre u, et celle qui est dans l'espace d'ordre 3

(1) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 755.
(2) *Bulletin des Sciences mathématiques*, 1912.

dépend du paramètre v. J'ai alors les équations suivantes :

$$\begin{array}{ll} T_1 = Z_1 + p z_1, & T'_1 = Z'_1 + q z'_1, \\ T_2 = Z_2 + p z_2, & T'_2 = Z'_2 + q z'_2, \\ T_3 = Z_3 + p z_3, & T'_3 = Z'_3 + q z'_3, \\ T_4 = Z_4 + p z_4, & \end{array}$$

p et q étant déterminés par les équations

$$(3) \qquad T_1 + i T'_1 = 0, \qquad T_2 + i T'_2 = 0.$$

Le point qui décrit Σ a pour coordonnées

$$T_3, \quad T_4 \quad \text{et} \quad T'_3.$$

Le ds^2 de la surface est donné par la formule

$$(4) \qquad ds^2 = p^2(dz_1^2 + dz_2^2 + dz_3^2 + dz_4^2) + q^2(dz_1'^2 + dz_2'^2 + dz_3'^2).$$

Si je suppose que l'on a

$$(5) \qquad \left\{ \begin{array}{llll} Z_1 = \omega_1 X_1, & Z'_1 = \omega_1 X'_1, & z_1 = \omega_1 x_1, & z'_1 = \omega_1 x'_1, \\ Z_2 = \omega_2 X_2, & Z'_2 = \omega_2 X'_2, & z_2 = \omega_2 x_2, & z'_2 = \omega_2 x'_2. \end{array} \right.$$

ω_1 et ω_2 étant des constantes, p et q seront les mêmes pour les surfaces (S) et (Σ). Si, de plus,

$$(6) \qquad \left\{ \begin{array}{l} dz_1^2 + dz_2^2 + dz_3^2 + dz_4^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 \\ dz_1'^2 + dz_2'^2 + dz_3'^2 \qquad = dx_1'^2 + dx_2'^2 + dx_3'^2 + dx_4'^2, \end{array} \right.$$

les deux surfaces seront applicables.

Les fonctions z et x de u satisfont aux équations

$$(7) \qquad \left\{ \begin{array}{lll} x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 = 0, & z_1 = \omega_1 x_1, & z_2 = \omega_2 x_2; \\ z_1^2 + z_2^2 + z_3^2 + z_4^2 = 0, & \sum dx^2 = \sum dz^2. & \end{array} \right.$$

Les fonctions x' et z' de v satisfont à des équations analogues. La solution des équations (7) est facile; on se donne x_1, x_2, x_3; z_1 et z_2 sont alors déterminés. Pour avoir z_3 et z_4 il suffit de résoudre le problème suivant :

Trouver deux fonctions connaissant la somme de leurs carrés et la somme des carrés de leurs dérivées.

On est ramené ici, si ω_1 est différent de ω_2, à une quadrature elliptique.

Les fonctions x, z, x' et z' étant ainsi déterminées. les surfaces S et Σ ont même représentation sphérique de leurs lignes de courbure qu'une surface à courbure totale constante.

Si l'on veut que Σ soit une surface à courbure totale constante il faut s'arranger de façon que S se réduise à une sphère. Il faudra supposer X_1, X_2, X_3 nuls et

$$(8) \qquad X_1'^2 + X_2'^2 + X_3'^2 + X_4'^2 = 1.$$

Ces fonctions X' se déterminent facilement, car

$$(9) \qquad \sum X' x' = 0, \qquad \sum X' \frac{dx'}{dv} = 0, \qquad \sum X' \frac{d^2 x'}{dv^2} = 0.$$

Il faudra ensuite effectuer une quadrature pour avoir Z_3'. Sur la surface Σ les courbes $u =$ const. sont des courbes planes dont le plan passe par une droite fixe. C'est un résultat bien connu.

Je suppose maintenant $k = 2$. On a, pour la surface S,

$$(10) \qquad \begin{cases} Y_i = X_i + p x_i + p_1 \dfrac{dx_i}{du} & (i = 1, 2, \ldots, 5), \\ Y_i' = X_i' + q x_i' + q_1 \dfrac{dx_i'}{dv} & (i = 1, 2, \ldots, 6). \end{cases}$$

Le point de coordonnées X_i décrit une courbe deux fois isotrope dans un espace d'ordre 5 et le point de coordonnées X_i' une courbe deux fois isotrope dans un espace d'ordre 6. On détermine p, q, p_1, q_1 par les équations

$$(11) \qquad Y_k + i Y_k' = 0 \qquad (k = 1, 2, 3, 4).$$

Les coordonnées du point qui décrit la surface (S) sont alors :

$$Y_5, \quad Y_5' \quad \text{et} \quad Y_6'.$$

Pour la surface Σ on posera de même

$$(12) \qquad \begin{cases} T_i = Z_i + p z_i + p_1 \dfrac{dz_i}{du} & (i = 1, 2, \ldots, 6), \\ T_i' = Z_i' + q z_i' + q_1 \dfrac{dz_i'}{dv} & (i = 1, 2, \ldots, 5), \end{cases}$$

p, p_1, q, q_1 étant déterminés par les équations

$$T_k + i T_k' = 0 \qquad (k = 1, 2, \ldots, 4).$$

Pour avoir des surfaces applicables on fera

$$(13)\qquad \begin{cases} Z_k = \omega_k X_k, & z_k = \omega_k x_k \\ Z'_k = \omega_k X'_k, & z'_k = \omega_k x'_k \end{cases} \qquad (k = 1, 2, \ldots, 4),$$

où les ω_k^2 sont des constantes. Il faudra en outre

$$(14)\qquad \begin{cases} \sum_1^6 \dfrac{d^2 z_i}{du^2} = \sum_1^5 \left(\dfrac{d^2 x_i}{du^2}\right)^2, \\ \sum_1^5 \dfrac{d^2 z'_i}{dv^2} = \sum_1^6 \left(\dfrac{d^2 x'_i}{dv^2}\right)^2. \end{cases}$$

On voit que les fonctions z et x satisfont aux équations

$$(15)\qquad \begin{cases} \sum x_i^2 = 0, & \sum \left(\dfrac{dx_i}{du}\right)^2 = 0 \\ \sum z_i^2 = 0, & \sum \left(\dfrac{dz_i}{du}\right)^2 = 0 \\ & \sum \left(\dfrac{d^2 z_i}{du^2}\right)^2 = \sum \left(\dfrac{d^2 x_i}{du^2}\right)^2, \end{cases} \qquad [z_k = \omega_k x_k \; (k = 1, 2, 3, 4)];$$

avec des équations analogues pour les x' et z'.

Si l'on pose

$$y_k = \sqrt{\omega_k^2 - 1}\, x_k \qquad (k = 1, 2, 3, 4),$$
$$y_5 = x_5, \qquad y_6 = z_5, \qquad y_7 = z_7,$$

on aura des équations de la forme

$$(16)\qquad \begin{cases} \sum y_i^2 = 0, \quad \sum \left(\dfrac{dy_i}{du}\right)^2 = 0, \quad \sum \left(\dfrac{d^2 y_i}{du^2}\right)^2 = 0 & (i = 1, 2, \ldots, 7), \\ \sum a_i y_i^2 = 0, \quad \sum a_i \left(\dfrac{dy_i}{du}\right)^2 = 0 & (i = 1, 2, \ldots, 5), \end{cases}$$

où les a_i sont des constantes. La courbe dont les paramètres directeurs sont $y_1, y_2, \ldots, y_5$ est une courbe $3I^3$; celle dont les paramètres sont $\sqrt{a_i} y_i$ est une courbe I^2 (¹). La loi d'orthogonalité des éléments y fait corres-

(¹) *Comptes rendus*, t. **166**, 1918, p. 369.

pondre les courbes I et $2I^2$. On a donc le système

$$(17)\quad \begin{cases} \sum a_i y_i^2 = 0, \quad \sum \frac{1}{a_i} y_i^2 = 0 \quad (i = 1, 2, \ldots, 5), \\ \sum a_i \left(\frac{dy_i}{du}\right)^2 = 0, \end{cases}$$

ou, par un changement d'inconnues,

$$(18)\quad \begin{cases} \sum y_i^2 = 0, \quad \sum a_i y_i^2 = 0 \quad (i = 1, 2, \ldots, 5), \\ \sum \left(\frac{dy_i}{du}\right)^2 = 0. \end{cases}$$

Le système (20) s'interprète facilement; si l'on fait

$$y_4 + i y_5 = 1, \qquad y_4 - i y_5 = -(y_1^2 + y_2^2 + y_3^2),$$

on voit qu'on est ramené à la recherche des lignes de longueur nulle d'une cyclide générale, ce qui conduit à une intégrale hyperelliptique.

En raisonnant de même dans le cas général où k a une valeur quelconque, on voit qu'on est ramené au problème suivant :

Déterminer $2n + 1$ fonctions $x_1, x_2, \ldots, x_{2n+1}$ de la variable u satisfaisant aux équations

$$\sum_i x_i^2 = 0, \qquad \sum_i \left(\frac{d^k x_i}{du^k}\right)^2 = 0 \qquad (k = 1, 2, \ldots, n-1),$$
$$\sum_i a_i x_i^2 = 0, \qquad \sum_i a_i \left(\frac{d^k x_i}{du^k}\right)^2 = 0 \qquad (k = 1, 2, \ldots, n-2),$$

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Division des *Applications de la Science à l'Industrie*.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 54,

M. Georges Charpy obtient	....	21	suffrages
M. de Chardonnet »	....	12	»
M. Laubeuf »	....	7	»
M. Lazare Weiller »	....	5	»
M. Lumière »	....	4	»
M. Georges Claude »	....	2	»
M. Rabut »	....	2	»
M. Belot »	....	1	suffrage

Au deuxième tour de scrutin, le nombre de votants étant 53,

M. Georges Charpy obtient	....	28	suffrages
M. de Chardonnet »	....	12	»
M. Laubeuf »	....	7	»
M. Georges Claude »	....	2	»
M. Lumière »	....	2	»
M. Lazare Weiller »	....	2	»

M. **Georges Charpy**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. **Henry Bourget** adresse un Rapport sur l'emploi de la subvention qui lui a été accordée, en 1917, sur la *Fondation Loutreuil*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Maurice Pineau. *Manuel pratique du traitement de l'hypertrophie prostatique par la méthode conservatrice de Reliquet et Guépin*. Préface de M. A. Guépin. (Présenté par M. A. Laveran.)

ANALYSE. — *Sur les suites de fonctions analytiques* (1). Note de M. **P. Fatou**, présentée par M. G. Humbert.

I. Considérons dans un domaine D simplement ou multiplement connexe l'ensemble des fonctions $f(z)$ qui satisfont aux conditions suivantes :

a. Elles sont holomorphes en chaque point intérieur à D.
b. Elles sont uniformes.
c. Elles prennent des valeurs distinctes pour des valeurs de z distinctes.
d. Elles ne prennent jamais la valeur a.

Si l'on désigne par M *et* m *le maximum et le minimum de* $|f(z) - a|$ *dans un domaine fermé complètement intérieur à* D, *on a*

$$m > Mq,$$

q étant un nombre positif qui ne dépend pas de la fonction f, mais seulement de la figure.

II. Considérons une suite de fonctions $f_1(z), f_2(z), \ldots, f_n(z)$ holomorphes dans le domaine D que nous supposerons simplement connexe, tendant uniformément vers la constante a et satisfaisant encore à la condition *c*, mais pas nécessairement à la condition *d*.

De toute suite des fonctions f_n on peut en extraire une autre pour laquelle on a

$$f_n(z) = a + \mu_n[f(z) + \varepsilon_n(z)],$$

les μ_n étant des constantes qui tendent vers zéro, $f(z)$ une fonction holomorphe dans D, *jamais identiquement nulle*, et les $\varepsilon_n(z)$ des fonctions qui tendent uniformément vers zéro.

$f(z)$ peut être une constante non nulle; hormis ce cas elle ne prend jamais deux fois la même valeur dans D.

III. Dans les applications, le théorème du paragraphe II fournit, à défaut

(1) Cf. P. Montel, *Sur les familles normales de fonctions analytiques* (*A. E. N.*, 1916, p. 223 et suiv.).

d'une expression asymptotique des f_n souvent presque impossible à obtenir, des indications sur les valeurs asymptotiques pouvant conduire à des résultats importants.

En voici un exemple :

Soit une substitution rationnelle : $Z = R(z)$ dont l'itération conduit à une division du plan en deux régions simplement connexes, séparées par une courbe L, et qui sont les domaines respectifs de deux points doubles *attractifs*. Nous allons montrer que, sauf dans un cas simple, L *n'a de tangente en aucun point*.

Soit a un point de L. Il existe des domaines simplement connexes D, dans lesquels certaines branches des fonctions $R_{-n}(z)$, inverses des itérées de $R(z)$, sont holomorphes et tendent vers a. Soit une suite de telles fonctions : $R_{-\alpha_1}(z)$, $R_{-\alpha_2}(z)$, ... On montre qu'on peut choisir les α_n et D de manière qu'elles prennent la valeur a en des points ayant un point limite intérieur à D, c'est-à-dire que D contienne un point limite des *conséquents de a*.

Ceci rappelé, il est possible d'après II d'extraire de la suite des $R_{-\alpha_n}(z)$ une nouvelle suite que nous appelons $f_1(z), f_2(z), \ldots, f_n(z), \ldots$, pour laquelle

$$f_n(z) - a = \mu_n [f(z) + \varepsilon_n(z)],$$

$f(z)$ ayant ici un zéro dans Δ n'est pas une constante.

Soient alors γ la partie de la ligne L située dans D ; p, q, deux points quelconques de γ auxquels correspondent, par la transformation conforme $z' = f(z)$, les deux points p', q' sur γ'. L contenant les antécédents de tous ses points contient en particulier les points $f_n(p)$, $f_n(q)$.

Si ω désigne une valeur limite de l'argument de μ_n et φ, ψ les arguments de p', q', les quantités $f_n(p) - a$, $f_n(q) - a$ auront comme valeurs limites de leurs arguments : $\omega + \varphi$, $\omega + \psi$ qui sont distinctes $(\mathrm{mod}\,\pi)$, à moins que les points p', q' ne soient en ligne droite avec $z' = 0$.

On conclut de là qu'il n'y aura de tangente en a que si γ', image de γ, se compose de segments d'une même droite auxquels correspondent pour γ des arcs analytiques sans point singulier. On en conclura finalement que L est formée d'un seul arc régulier de courbe analytique, ce qui n'est possible, ainsi que je l'ai démontré antérieurement, que si L est une circonférence, $[Z, R(z)]$ étant alors une substitution à cercle fondamental.

Dans le cas limite où l'un des points doubles attractifs β devient un point double *indifférent* $(s = +1)$ situé sur L, en ce point et en ses antécédents

il y a des tangentes de rebroussement; l'analyse précédente n'est donc pas entièrement applicable à ce cas. En la modifiant légèrement on démontre que ce sont là les seuls points avec tangente. Il faut remarquer que les fonctions $R_{-\alpha_n}(z)$ qui tendent vers β dans un domaine D (qui ne doit pas contenir β pour qu'elles soient holomorphes), doivent présenter ici la circonstance singulière indiquée au paragraphe II, à savoir que la fonction $f(z)$ est une constante. Cela se vérifie, pour une certaine suite de ces fonctions [1], par une analyse directe qui donne l'expression asymptotique suivante :

$$R_{-n}(z) = \beta + \frac{1}{An + B\log n + \varphi(z) + \varepsilon_n(z)},$$

A, B constantes, φ fonction qui vérifie une équation fonctionnelle facile à former.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces définies par une propriété cinématique.* Note de M. **Gaston Julia**, présentée par M. Georges Humbert.

Dans les *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, de 1916, M. L.-P. Eisenhart recherche toutes les surfaces réglées Σ engendrées par une courbe C de forme invariable qui se déplace de façon que tout point déterminé de la courbe C décrive une génératrice rectiligne de Σ. Il démontre que seuls les cylindres et les conoïdes droits possèdent la génération précédente. Je vais ajouter à sa recherche, qui nécessite maint calcul, une méthode géométrique basée sur l'élégant procédé par lequel Darboux a trouvé les mouvements dans lesquels tous les points d'un solide décrivent des courbes planes.

I. *La courbe* C *est gauche.* — Prenons sur elle deux points arbitraires A, B. Tout point de la droite AB décrit une ellipse dans un plan parallèle au plan des deux droites que A et B décrivent. Lorsque A et B varient arbitrairement sur C, la droite AB engendre un volume dont tous les points, évidem-

---

[1] Celle qu'on obtient en faisant l'itération de la branche de $R_{-1}(z)$ égale à β pour $z = \beta$.

ment, décriront des ellipses. On est dans le cas du mouvement de Darboux qui s'obtient comme on sait de deux façons : 1° En faisant rouler un cylindre de révolution Γ, dans un cylindre de rayon double Γ_1, pendant qu'un point H de Γ décrit une droite D rencontrant l'axe de Γ_1. Dans ce mouvement, seuls les points de la génératrice de Γ passant par H décrivent des droites (qui sont alors parallèles à D), et la surface qu'engendre cette génératrice est un plan. Il n'y a exception que si D est normale à l'axe de Γ_1, c'est-à-dire si le glissement suivant la génératrice de contact est nul. Le mouvement est alors celui de Lahire, tout point de Γ décrit une droite normale à l'axe de Γ_1, et seuls les points de Γ décrivent des droites. La courbe C doit donc être une courbe quelconque tracée sur le cylindre de révolution Γ et elle engendre un conoïde droit ayant pour axe la génératrice de Γ qui est axe de Γ_1.

Inversement tout conoïde droit Σ peut être engendré par le mouvement précédent, sa génératrice étant l'intersection avec Σ d'un cylindre de révolution quelconque Γ passant par l'axe du conoïde.

2° On voit que, dans le mouvement précédent, tout plan du solide mobile perpendiculaire aux génératrices du cylindre Γ glisse sur lui-même. Dans un mouvement plan, pour que deux points décrivent des droites, il faut que le mouvement soit ou bien une translation rectiligne, ou bien le mouvement de Lahire qui consiste à faire rouler un cercle à l'intérieur d'un cercle de rayon double ; c'est le mouvement précédent : toutes les droites décrites par les points du cercle mobile (et par eux seuls) passent nécessairement par un point fixe. Nous n'obtenons donc, à supposer qu'un plan de la figure mobile glisse sur lui-même, que les cylindres les plus généraux et tous les conoïdes droits.

II. *La courbe* C *est plane.* — Alors AB n'engendre plus un volume lorsque A et B décrivent arbitrairement C. Mais tout point M de AB décrit une ellipse (M) dans un plan parallèle aux droites que décrivent A et B. Si, par M, on mène une deuxième corde voisine de AB et coupant C en A′B′, le plan de l'ellipse (M) sera parallèle aux droites décrites par A′ et B′. On voit donc que toutes les droites décrites par les points de C sont parallèles à un même plan fixe Π.

Le plan de C et toute corde de C font avec M un angle constant pendant tout le mouvement. Tout plan parallèle à π glisse sur lui-même, on est ramené au deuxième cas du paragraphe I. Et l'on voit que le mouvement doit, ici encore, être le roulement d'un cylindre Γ de révolution à l'inté-

rieur d'un cylindre Γ_1, de rayon double, sans glissement. La génératrice est une section plane de Γ. On n'a rien de plus qu'au paragraphe I. Si l'on suppose que C est une droite, les considérations précédentes sont à modifier. Tout point de C ne peut décrire une droite que si le mouvement est une translation rectiligne.

Ainsi se peut formuler la conclusion suivante : seuls les cylindres et les conoïdes droits les plus généraux possèdent la génération cinématique indiquée au début.

Les considérations géométriques employées dans cette note prouvent encore que : 1° dans la seule translation rectiligne, tous les points d'un *volume* peuvent engendrer des droites; 2° hors la translation rectiligne, c'est dans le seul mouvement de Lahire signalé au paragraphe I que tous les points d'une *surface* peuvent décrire des droites : la surface est le cylindre de révolution roulant.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le deuxième trimestre de* 1918. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Le nombre des jours d'observations dans ce trimestre est de 77, et les principaux faits qu'on en déduit se résument ainsi :

Taches. — Le phénomène des taches est en décroissance, et cette diminution se manifeste moins sur le nombre des groupes que sur l'aire tachée : on a, effectivement, enregistré 80 groupes avec une surface totale de 4844 millionièmes, au lieu de 95 groupes et 7807 millionièmes, précédemment [1].

Dans sa répartition, cette diminution est de 6 groupes au sud de l'équateur (43 au lieu de 49) et de 9 groupes au nord (37 au lieu de 46).

Il n'y a pas eu, dans ce trimestre, de formations de l'importance de quelques-unes du précédent, mais le nombre inusité des taches dans les premiers jours du mois de juin, rendait le disque du Soleil tout à fait remarquable à cette époque.

Enfin, la latitude moyenne des taches, de part et d'autre de l'équateur, a diminué de 2°,9 d'une part avec — 13°,0 au lieu de — 15°,9, et augmenté de 1°,8 d'autre part avec + 14°,3 au lieu de + 12°,5.

Régions d'activité. — Le nombre de groupes de facules noté est de 150 avec une surface totale de 183,8 millièmes, au lieu de 157 groupes et 193,5 millièmes dans le premier trimestre.

---

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 633.

Dans leur répartition entre chaque hémisphère, on remarque une augmentation de 2 groupes au sud (77 au lieu de 75) et une diminution de 9 groupes au nord (73 au lieu de 82).

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Avril 1918. — 0,00.			
29- 6	7	3,7	−13		36
6	1	3,7		+27	69
31-11	8	5,7		+13	390
31- 4	4	6,5	−15		38
31-11	8	6,7		+17	214
2-13	9	8,6		+ 7	75
4-14	7	9,5		+16	82
6-14	6	11,2		+15	48
10-18	7	13,5	− 1		68
11-17	5	13,5		+11	68
12	1	13,7	−12		2
17-18	2	15,1		+ 3	93
12-18	5	15,2	−15		37
12	1	16,4		+21	4
14-18	3	16,9	−10		15
21-24	4	19,1	−22		17
21-26	6	20,7	−10		92
21-30	9	25,2	− 5		76
28- 1	3	25,9	−12		32
22- 4	12	28,1	−24		90
23- 4	11	29,2	− 9		315
28-30	2	30,0	−25		4
1- 2	2	30,1	−13		9
1- 4	4	30,7		+12	148
	23 j.		−13°,3	+14°,2	
		Mai. — 0,00.			
26	1	1,6	− 8		3
25- 4	9	1,6		+27	33
26- 7	9	2,8		+13	101
27- 7	8	2,9		+18	75
2-10	6	6,6		+19	37
30-11	9	7,0	−21		37
2-12	8	8,5		+14	186
3-15	10	9,4		+17	355
4-12	6	10,2		+19	30
11-12	2	10,8		+17	4
7-13	6	11,0	− 1		24
7-16	8	12,2	−17		26
9-11	3	12,5		+ 9	5
7	1	12,6		+25	10
9	1	13,9		+14	2
10-11	2	14,1	−12		5
12-17	6	14,8	− 5		23
		Mai (suite).			
12-21	10	17,5	−21		82
22-23	2	19,4	−16		10
25	1	20,3	−21		5
14-23	10	20,4		+11	28
14-19	6	20,6		+ 7	14
25-26	2	21,3	−15		8
17	1	22,3	− 5		3
23-24	2	25,0	− 8		3
20- 1	13	26,3	− 9		116
22- 1	11	26,5	−13		370
25-28	4	27,7	−10		3
31- 1	2	27,7	−15		6
25- 3	9	29,1		+14	47
27- 2	7	31,0		+ 4	8
	28 j.		−12°,9	+15°,2	
		Juin. — 0,00.			
29- 6	9	1,6	−21		154
1- 2	2	2,6	−20		4
29-31	3	3,3		+24	4
30- 6	7	3,7	−25		58
29- 4	7	4,0		+17	21
31- 4	5	4,0	− 7		78
3-10	8	5,1		+13	166
1- 9	9	5,2		+ 3	50
31- 8	9	5,6	− 8		122
30-10	12	5,8		+17	232
1- 8	7	6,2		+ 9	14
7	1	7,1	−20		26
4-10	5	8,2		+12	5
5-10	5	9,4	−15		6
6-14	8	11,1		+15	23
19-20	2	17,9	−12		4
22	1	18,7	−14		5
22	1	19,0		+29	29
20-23	3	20,1	−13		9
19	1	20,2		+ 3	8
25-26	2	21,1		+ 4	80
19-26	7	21,5	−13		34
20-26	6	24,5	− 5		24
26	1	24,6		+12	4
30	1	30,4	− 1		3
	26 j.		−13°,4	+13°,2	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1918.	Sud. 90°–40°.	40°–30°.	30°–20°.	20°–10°.	10°–0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°–10°.	10°–20°.	20°–30°.	30°–40°.	40°–90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Avril	»	»	3	6	5	14	10	2	6	2	»	»	24	2022
Mai	»	»	3	6	7	16	15	3	10	2	»	»	31	1659
Juin	»	»	2	7	4	13	12	4	6	2	»	»	25	1163
Totaux	»	»	8	19	16	43	37	9	22	6	»	»	80	4844

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1918.	Sud. 90°–40°.	40°–30°.	30°–20°.	20°–10°.	10°–0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°–10°.	10°–20°.	20°–30°.	30°–40°.	40°–90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Avril	»	1	7	9	4	21	16	7	7	2	»	»	37	50,7
Mai	»	»	10	10	6	26	32	8	13	8	3	»	58	68,3
Juin	»	1	7	15	7	30	25	6	13	6	»	»	55	64,8
Totaux	»	2	24	34	17	77	73	21	33	16	3	»	150	183.8

ASTRONOMIE. — *Sur le rôle de la matière satellitaire dans la structure des surfaces de la Terre, des planètes et du Soleil.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

La notion de la matière satellitaire agglomérée dans la zone équatoriale des astres après la condensation première de leur noyau est donnée par la loi des distances des satellites pour la Terre et par la loi des rotations directes pour les planètes et le Soleil [1]. Par la loi des distances, on trouve que trois anneaux satellitaires extérieurs à la Terre ont existé à l'origine ayant pour rayons 3,2 — 8,7 — 24,6. On peut préciser les notions que donne la loi des rotations : soient deux masses m, m' tournant autour d'un même axe (m' dans le plan équatorial de m) avec des vitesses angulaires initiales ω, ω' et se condensant pour former un astre de rayon $R = 1$, de masse $M = m + m'$ ayant une durée de rotation T.

L'égalité des moments de rotation donnera

$$\frac{2\pi(m+m')}{T} = km\omega + k'm'\omega', \tag{1}$$

[1] *Comptes rendus*, t. 143, 1906, p. 1126, et t. 155, 1912, p. 1471.

les coefficients k et k' caractérisant le mode d'agrégation des matières m et m' à la distance $R = 1$. Même si la masse satellitaire m' est composée au début de plusieurs masses situées à des distances distinctes dans le plan équatorial, il n'y aura que deux termes de formes différentes dans (1) parce que la rotation de la matière satellitaire a toujours la même expression mathématique à la distance 1.

La loi des durées T de rotation trouvée empiriquement étant du type binome (1) avec son second terme caractérisant la vitesse angulaire de la matière satellitaire à la distance 1 $\left(Ad^{-\frac{1}{2}}, d \text{ densité du noyau}\right)$, il est de toute nécessité que chacun des termes soit proportionnel respectivement à m et m'. On déduit de là les valeurs numériques de $M:m'$:

	Soleil.	Vénus.	Terre.	Mars.	Jupiter.	Saturne.
$M:m'$....	11,1	112	96	154	1,71	1,46
x_0........	0,294 (u. a.)	»	1,35	1,165	1,814	1,1

Les valeurs de $M:m'$ suggèrent les questions suivantes : si, pour la Terre, la matière satellitaire $\left(\frac{1}{96}\right)$ provient exclusivement des satellites x_1, x_2, x_3 primitifs dont les distances sont données ci-dessus, comment Mars, dont le satellite x_1 existe (Phobos) à une distance très rapprochée 2,77, n'a-t-il pas recueilli dans sa révolution rapide ($7^h,6$) toute la matière satellitaire $\left(\frac{1}{154}\right)$ de la planète? La même difficulté existe pour Jupiter en raison de la proximité du satellite V et pour Saturne en raison des anneaux.

Pour la résoudre, il suffit d'observer que, dans la loi des distances $x_n = a + c^n$, on peut, en faisant $n = 0$, obtenir des distances x_0 (voir le Tableau ci-après) supérieures au rayon planétaire et inférieures aux distances des premiers satellites. Une circonstance unique dans le système planétaire se présente même pour Jupiter : en faisant $n = -1, -2, -3$ dans la loi des distances de cette planète ($x_n = 0{,}814 + 1{,}716^n$) on trouve $x_{-1} = 1{,}396$, $x_{-2} = 1{,}153$, $x_{-3} = 1{,}011$ distances supérieures au rayon de la planète qui aurait ainsi avec x_0 quatre zones satellitaires n'ayant pas donné lieu à des satellites externes. Il faut donc arriver à distinguer les satellites *réels* isolés, des satellites *virtuels* dont la matière, bien qu'ayant la vitesse satellitaire, ainsi qu'on le constate par la loi des rotations, n'a jamais dû être séparée de l'atmosphère planétaire en sorte qu'elle constitue, dès l'origine, des anneaux instables se condensant dans la région équatoriale de la planète.

Cette interprétation physique simple permet de suite de rendre compte de certains faits. Pour la Terre l'anneau x_0 explique les plissements huroniens par le même mécanisme qui a produit ultérieurement les plissements calédoniens, hercyniens, alpins, correspondant aux anneaux x_1, x_2, x_3, et que j'ai indiqué dans une Note antérieure ([1]).

Jupiter qui contient $\frac{1}{1,71}$ ou sensiblement $\frac{3}{5}$ de matière satellitaire doit avoir en dehors de la zone équatoriale produite par la masse x_0 trois bandes dans chaque hémisphère produites par les masses x_{-1}, x_{-2}, x_{-3}. En effet, les masses x_0, x_{-1}, x_{-2}, x_{-3} situées primitivement à des distances différentes de la surface du noyau doivent avoir été constituées par des matières de nature et de densité distinctes, les plus denses étant à l'extérieur, comme cela s'est produit nécessairement par leur centrifugation dans le tourbillon planétaire. Dès lors, chaque matière arrivant à l'équateur au lieu de se répandre horizontalement pénètre en profondeur et chasse au Nord et au Sud celle qui y est tombée antérieurement; on a donc la correspondance indiquée par le Tableau suivant :

		Latitude.
$x_0 = 1,814$	(zone équatoriale)	$-15°$ à $+12°,7$
$x_{-1} = 1,396$	(zones tropicales nord et sud)	$\pm 22°$ (moy.)
$x_{-2} = 1,153$	(zones dites tempérées nord et sud)	$\pm 35°$ (»)
$x_{-3} = 1,011$	(zones nord et sud)	$\pm 46°,5$ (»)

Si l'on admet que les masses x_0, x_{-1}, x_{-2}, x_{-3} ont la même densité moyenne que la planète et qu'elles se sont étendues jusqu'aux latitudes $\pm\varphi$ occupant un volume V de révolution extérieur au cylindre dont la base circulaire a pour rayon $\cos\varphi$ et dont l'axe est parallèle à celui de Jupiter, on trouve

$$V = \sin^3\varphi = \frac{3}{5}, \tag{1}$$

d'où

$$\varphi = 57°,5;$$

c'est en effet vers 55° que se limitent les bandes nord et sud. Pour Saturne on trouve

$$\varphi = 61°,7.$$

Cette planète ne peut avoir de bandes multiples comme Jupiter puisqu'elle a seulement un anneau satellitaire x_0 ; mais les dernières parties condensées

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 188.

de cet anneau peuvent donner lieu à une zone équatoriale plus brillante parce que formée de matières plus denses et par suite douée d'un albedo plus grand. La variation de la durée de rotation ($9^h 50^m$ à $9^h 56^m$ pour Jupiter), ($10^h 12^m$ à $10^h 15^m$ pour Saturne), (25^j à 30^j pour les couches superficielles du Soleil), résulte immédiatement de la notion de la précipitation satellitaire : on sait en effet que tout satellite rasant l'équateur d'une planète ou du Soleil a une durée de rotation beaucoup plus courte que celle de l'astre sur lequel il se condense; mais au cours de cette condensation l'une des masses satellitaires peut avoir une durée de rotation plus courte que celle des masses condensées ultérieurement puisque cette durée dépend seulement de la densité moyenne du noyau planétaire déjà condensé. Ainsi s'explique que vers 22° de latitude nord on ait mesuré sur Jupiter une durée de rotation plus courte ($9^h 48^m$) qu'à l'équateur.

La dissymétrie des bandes boréales et australes de Jupiter (tache rouge australe) est due à la même cause (pression du vent de la nébuleuse dans le sens nord-sud de l'axe de Jupiter) qui a produit sur la terre la dissymétrie des régions polaires (océan Arctique et Antarctique).

La formule (1) appliquée au Soleil (durée moyenne de rotation de 25^j) donne $\varphi = 26^\circ 38'$. Les taches en effet ne dépassent pas les latitudes $\pm 30^\circ$ et révèlent une zone de discontinuité dans la matière équatoriale du Soleil. Il doit être entendu que, pour Jupiter, la matière des bandes étant gazeuse a pu et peut encore faire varier leur latitude tant en raison de leur différence de vitesse tangentielle que de leur nature chimique et de leur densité différentes.

PHYSIQUE. — *Comparaison entre l'équilibre élastique interne des alliages après trempe et après écrouissage par étirage à froid.* Note [1] de M. A. **Portevin**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

A diverses reprises, dans le but d'imaginer le mécanisme interne par lequel la trempe agissait sur les propriétés des alliages et notamment sur la dureté, on a mis en parallèle les modifications apportées par l'écrouissage avec celles provoquées par la trempe et l'on a fait intervenir les efforts internes résultant du refroidissement inégalement rapide lors de la trempe, pour expliquer la similitude des effets.

---

[1] Séance du 16 décembre 1918.

Dans une Note antérieure [1], nous avons abordé expérimentalement l'étude des efforts internes longitudinaux développés, dans des cylindres métalliques, par le refroidissement rapide, en utilisant pour cela la méthode employée jusqu'alors pour déterminer les efforts internes dans les barres étirées à froid à la filière.

Il a paru intéressant de procéder, de cette façon, à une comparaison, au moins qualitative, entre l'équilibre élastique interne d'un même alliage après trempe et après écrouissage par étirage.

En raison des difficultés que nous avons rencontrées lors de l'étude des efforts internes dans les aciers trempés, difficultés qui résultent de la grande dureté superficielle ne permettant que le travail à la meule, nous nous adresserons, pour effectuer cette comparaison, au laiton ordinaire de décolletage, c'est-à-dire à l'alliage cuivre-zinc à environ 60 pour 100 de cuivre [2].

L'examen d'une jauge de 20^{mm} de diamètre et de 100^{mm} de longueur, trempée à 760° dans l'eau, conduit à l'établissement du diagramme représentatif de la figure 1, dans lequel les efforts internes longitudinaux en $kg : mm^2$ sont portés en ordonnées (positivement pour les extensions, négativement pour les compressions) et les surfaces en millimètres carrés correspondantes en abscisses (pour mieux faire saisir l'état d'équilibre mécanique du cylindre, on a porté, dans le diagramme, de part et d'autre de l'axe figuratif du cylindre, les demi-surfaces annulaires successivement enlevées par tournage.

D'autre part, il nous a été donné d'étudier une barre de laiton de $16^{mm},5$ de diamètre, étirée à froid à la filière et dans laquelle l'importance des efforts internes d'extension était si grande que cette barre s'était fissurée spontanément sur certaines portions de sa longueur et qu'elle se rompait par ailleurs sous des efforts de flexion très faibles. Le diagramme représentatif des efforts internes longitudinaux dans cette barre est donné figure 2.

Le simple examen de ces deux diagrammes montre que la répartition des efforts internes est précisément inversée de l'un à l'autre cas; l'extérieur, qui se trouve en compression du fait de la trempe, est en extension après étirage.

En trempant à 850° dans l'eau un tronçon d'une barre de laiton étiré de 40^{mm} de diamètre, on a pu de même observer, par le fait de la trempe,

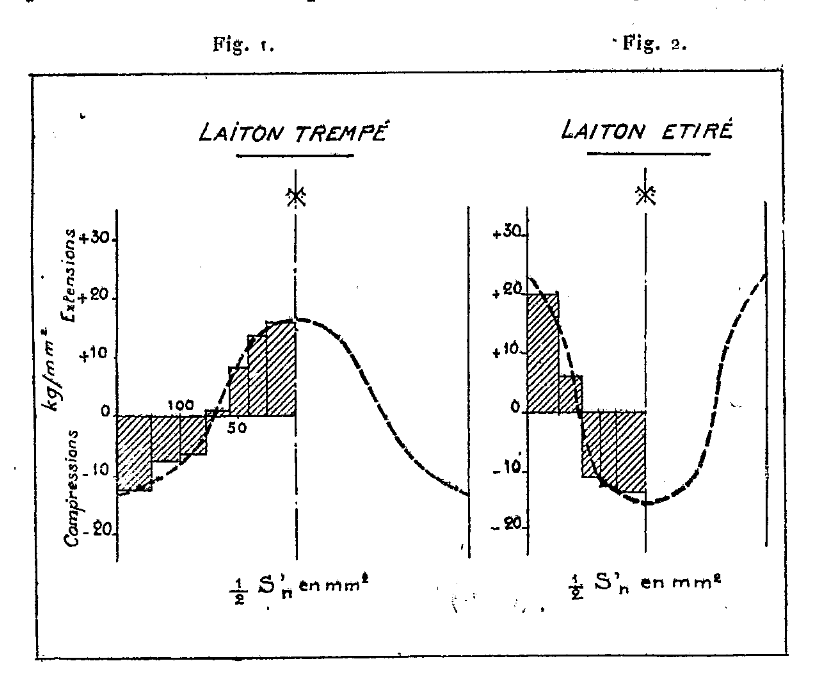
---

(1) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 531.

(2) Nous avons admis pour cet alliage, quel que soit son état, un module d'élasticité de $9,5 \times 10^3$ $kg : mm^2$.

le renversement de sens dans la distribution générale des efforts; dans cette expérience l'effort axial passait de − 11 à + 24 kg : mm² (¹).

Fig. 1. Fig. 2.



On voit combien il faut être prudent en établissant des analogies entre les résultats des opérations de trempe et d'écrouissage, au moins en ce qui concerne l'équilibre élastique interne longitudinal.

A égalité de propriétés mécaniques spécifiques, l'attitude vis-à-vis des efforts de flexion par exemple doit être très différente dans les deux cas : en particulier, la rupture se produirait pour une déformation globale bien moindre lorsque les efforts internes longitudinaux sont distribués comme dans les barres étirées.

Peut-être même une trempe préalable, en renversant le sens des efforts internes, permettrait un étirage plus poussé que celui dont le métal est capable en partant de l'état recuit.

(¹) La détermination des efforts internes de la barre trempée a été exécutée 15 jours après la trempe.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la miscibilité du phénol et des liqueurs alcalines.* Note [1] de MM. **René Dubrisay**, **Tripier** et **Toquet**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La miscibilité réciproque de l'eau et du phénol a été étudiée pour la première fois par Alexeieff; par la suite, des recherches sur le même sujet furent reprises par divers auteurs, en particulier par V. Rothmund [2] qui a indiqué pour les constantes critiques de dissolution $T = 68°,4$ pour la température et $C = 36,1$ pour 100 pour la concentration en phénol.

Le coefficient de miscibilité est nettement accru par la dissolution dans la phase aqueuse de bases alcalines. Pour étudier ce phénomène nous avons adopté la méthode recommandée par V. Rothmund; c'est-à-dire que nous mettons en présence des quantités déterminées de phénol et une solution sodique de titre connu. Le tout est chauffé jusqu'à dissolution complète, puis on laisse refroidir en agitant et l'on note la température d'apparition du trouble. Cette température correspond à l'équilibre avec une deuxième phase liquide, d'une liqueur dont la composition est déterminée. Nous avons indiqué dans le Tableau I les résultats obtenus en opérant avec des solutions sodiques de diverses concentrations moléculaires.

Tableau I.

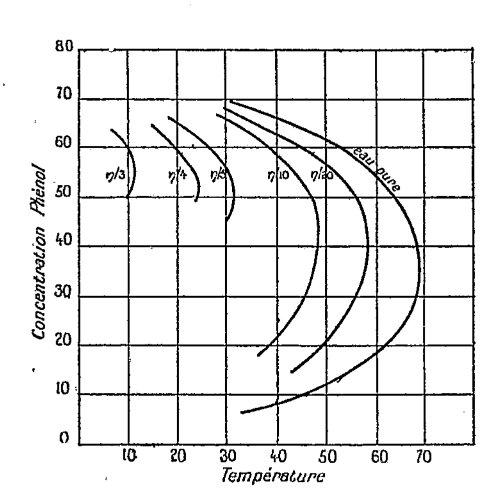
C = taux pour 100 de phénol. T = température d'apparition de trouble.

Système phénol-eau.		Systèmes phénol-soude $\frac{N}{20}$.		$\frac{N}{10}$.		$\frac{N}{5}$.		$\frac{N}{4}$.		$\frac{N}{3}$.	
C.	T.	C.	T.	C.	T.	C.	T.	C.	T.	C.	T.
72,7	15	66,6	32,9	66,6	27,3	66,6	17	57,1	23,4	57,1	11,8
66,6	38,5	57,1	50,4	57,1	43,6	57,1	30	50,0	23,4	50,0	9,5
50,0	63,4	50,0	54,9	50,0	47	50,0	31,2	55,6	20,5	»	»
40,0	65,7	44,4	55,6	44,4	47,1	55,6	29,5	»	»	»	»
20,0	62,9	40,0	56,5	40,0	47,2	56,5	27,9	»	»	»	»
12,5	51,4	30,8	55,7	30,8	46,2	»	»	»	»	»	»
10,0	40,4	20,0	50,7	20,0	38,3	»	»	»	»	»	»
»	»	14,3	44,0	14,3	30,4	»	»	»	»	»	»
»	»	10,0	28,0	10,0	28,0	»	»	»	»	»	»

[1] Séance du 11 novembre 1918.

[2] *Zeits. phys. Chim.*, t. 26, 1898.

Nous avons sur la figure représenté graphiquement le phénomène, en portant en ordonnées les concentrations en phénol, en abscisses les températures d'apparition de trouble. Nous avons, de la sorte, obtenu une courbe pour chacune des diverses solutions sodiques étudiées.



L'action des bases alcalino-terreuses, bien que moins marquée, est analogue à celle des bases alcalines. Par contre, les acides et les sels d'acides forts, au lieu d'accroître, diminuent le coefficient de miscibilité réciproque du phénol et de l'eau, ainsi que le montrent les chiffres inscrits dans le Tableau II.

Tableau II.

Composition de la solution.	Température d'apparition du trouble.
50g de phénol dissous dans 500cm³ d'eau	33,7
50g de phénol dissous dans 500cm³ d'une solution :	
d'acide sulfurique à 2 pour 100	43,8
d'acide chlorhydrique à 2 pour 100...........	45,9
de sulfate de sodium à 2 pour 100.	42,6
de chlorure de sodium à 2 pour 100..........	50,8

Il convient de mentionner que, malgré les phénomènes d'hydrolyse, les carbonates alcalins agissent dans le même sens que les sels des acides forts. Nous avons mis ce fait en évidence en dissolvant 50g de phénol dans 50g de solutions aqueuses contenant des proportions variables de carbonate de

soude, et en notant la température d'apparition du trouble. Les résultats sont consignés dans le Tableau III.

TABLEAU III.

Teneur en carbonate de la liqueur.	Température d'apparition du trouble.
o	63,4
$\frac{1}{8}$ de molécule par litre (13g,25)	64
$\frac{1}{4}$ de molécule par litre (26g,50)	68
$\frac{1}{2}$ molécule par litre (53g)	83

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution de l'île de Gomera.* Note (¹) de M. L. FERNANDEZ NAVARRO.

Au point de vue géologique, la moins connue des Iles Canaries est Gomera. Elle n'a fait l'objet d'aucun travail spécial et les allusions que l'on trouve dans diverses publications sont généralement vagues et parfois erronées. Voici un premier aperçu de mon exploration de cette île.

Ses contours sont arrondis; elle mesure 28^{km} et 20^{km} de diamètre. Deux chenaux relativement étroits (27^{km} et 68^{km}), dans lesquels des sondages accusent 2870^{m} à 3000^{m} de profondeur, la séparent de Ténériffe et de Hierro. C'est sur le bord de ces abîmes que s'élève l'Alto Garajonay, la plus haute montagne de l'île dont l'altitude est de 1375^{m}.

L'île constitue un seul massif sillonné radialement par des barrancos profonds et escarpés. Ils sont séparés par une crête aiguë (cumbres) entaillée par des cols étroits (degolladas) par où passent les chemins, peu nombreux et difficiles, de l'île. Dans ce paysage, se dressent de hautes aiguilles appelées *roques*. Sur le versant méridional de l'île, les barrancos limitent des plateaux légèrement inclinés se terminant à la côte par d'imposantes falaises.

L'île est uniquement constituée de matériaux volcaniques; les roches en place les plus anciennes constituent une série trachyphonolitique dont les termes sont devenus progressivement de moins en moins riches en silice (trachytes, trachyphonolites, puis phonolites à ægyrine).

Plus tard, au cours d'une longue période de tranquillité, l'île a été

(¹) Séance du 16 décembre 1918.

fortement érodée et les matériaux de projection ont été en grande partie entraînés à la mer. Enfin, les derniers phénomènes éruptifs ont consisté en émission de laves basiques (labradorites, basaltes), avec prédominance des épanchements sur les explosions. Le volume de ces roches basiques est infiniment moindre que celui des types leucocrates du début.

L'existence d'enclaves de roches diabasiques dans les matériaux de projection de l'île pose une question qui n'a pu être résolue : celle de la possibilité d'un substratum basique ancien; mais il est fort possible aussi que ces enclaves proviennent d'intrusions profondes effectuées au milieu des matériaux volcaniques qui viennent d'être passés en revue.

L'absence de sédiments ne permet pas de dater les éruptions de Gomera, mais, par analogie avec ce qui est connu dans les îles de l'archipel Canarien, je suppose que le groupe trachyphonolitique appartient au Tertiaire moyen ou inférieur, tandis que les émissions basiques doivent être pliocènes ou quaternaires.

Les caractères chimiques, dont j'ai entrepris l'étude, paraissent lier étroitement ces roches les unes avec les autres. Leur teneur en silice oscille entre 65 et 40 pour 100. Le péridot des basaltes doit être assez ferrifère, car ses produits d'altération sont la bowlingite et non point l'antigorite. Le caractère alcalin est mis en évidence dans les roches blanches par l'existence de l'ægyrine ou tout au moins de l'augite ægyrine.

A l'île de Gomera, tous les cratères ont été détruits par l'érosion; l'analogie de structure est grande avec la partie la plus ancienne de Ténériffe, avec la portion volcanique tertiaire de Teno, Anaga et Adeje. Gomera paraît être leur prolongation au delà du canal qui les en sépare.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la morphogénie de la rade de Brest.* Note de M. **Antoine Vacher**, présentée par M. Ch. Barrois.

La rade de Brest est fermée à l'Ouest par la presqu'île de Quélern; celle-ci se termine, au Nord, au Goulet. Le *Goulet*, long d'environ $5^{km},5$ et orienté NE-SO, présente deux passes, dont la plus profonde est la passe nord : dans cette dernière les profondeurs se tiennent, sauf exception, aux environs de 40^{m} et atteignent même 50^{m}. La presqu'île de Quélern est coupée de part en part par une vallée sèche qui se creuse, au sud des lignes fortifiées de Quélern, entre la baie de Roscanvel et la baie de Camaret; on peut l'appeler la *vallée de Quélern;* elle est orientée NE-SO, comme le Goulet; son fond est à l'altitude d'environ 12^{m}; il présente des lambeaux

d'alluvions anciennes. Plus au Sud, dans la partie occidentale de la presqu'île de Crozon, entre l'anse du Fret et l'anse de Dinan, il existe une vallée sèche qui débouche, à l'Ouest, dans l'étang de Kerloch et qu'on peut appeler la *vallée du Fret;* elle est orientée NE-SO comme la précédente et comme le Goulet; son fond est à l'altitude de 30^m-35^m; le tracé d'une voie ferrée en construction, qui doit réunir Crozon au Fret, a permis de constater qu'elle est tapissée, sur une grande étendue, d'alluvions anciennes constituées par des éléments très roulés. Ces trois dépressions, inégalement profondes : *passe nord du Goulet, vallée de Quélern* et *vallée du Fret*, peuvent être considérées comme les tronçons d'aval d'un réseau hydrographique ancien, dont les autres traces doivent être cherchées en amont dans la rade de Brest.

Une carte bathymétrique de la rade, sur laquelle on s'est borné à distinguer, au moyen de deux teintes, les profondeurs relatives et les hauts fonds relatifs, a permis les conclusions suivantes : 1° une série de hauts fonds jalonnent, sous les eaux, le tracé du versant méridional de l'ancienne vallée de l'Elorn; la passe nord du Goulet est le prolongement de la basse vallée actuelle de l'Elorn. 2° Dans la partie méridionale de la rade comprise entre la côte orientale de la presqu'île de Quélern, à l'Ouest, et la côte occidentale de la presqu'île de Plougastel, à l'Est, on peut lire sur le fond les traces de deux directions successives d'écoulement des eaux continentales : le ruisseau qui débouche aujourd'hui dans l'anse du Carreau et celui qui débouche dans l'anse de l'Auberlach se sont jadis réunis pour continuer leur chemin au Sud-Ouest; leurs eaux ont modelé la vallée de Quélern et y ont laissé des alluvions. Une capture les a détournés ensuite de la vallée de Quélern et les a rattachés à l'Elorn; leurs eaux ont alors coulé vers le Nord et rejoint la vallée de l'Elorn dans le voisinage de la roche de la Cormorandière. 3° La partie méridionale de la rade de Brest, qu'on appelle parfois *rade de Châteaulin*, correspond à une partie de la vallée de l'Aulne noyée sous les eaux marines; on retrouve sur le fond les traces de la vallée de l'Aulne caractérisée par ses méandres encaissés; le dessin des méandres se distingue encore très nettement, d'après le tracé des courbes bathymétriques, dans trois régions : au sud-ouest du débouché de la rivière de l'hôpital Camfront, dans l'anse de Poulmic et dans l'anse du Fret. L'Aulne a d'abord eu un écoulement indépendant : elle s'est dirigée au Sud-Ouest par la vallée du Fret qu'elle a modelée et alluvionnée. Postérieurement elle est devenue un affluent de l'Elorn : elle a abandonné la vallée du Fret et a été détournée vers le Nord-Ouest, à partir de l'anse du Fret, à la suite d'un et peut-être de deux phénomènes de capture.

Cette interprétation du relief sous-marin de la rade de Brest en fonction des trois dépressions du Goulet (passe Nord), de la vallée de Quélern et de la vallée du Fret n'est acceptable qu'à la condition que la bathymétrie de la rade présente une certaine stabilité. La comparaison entre la carte bathymétrique de la rade, telle qu'elle résulte des travaux exécutés de 1816 à 1818 par Beautemps-Beaupré et ses collaborateurs et de la carte bathymétrique dressée en 1877 sous la direction de l'ingénieur hydrographe Germain, permet d'assurer qu'en soixante ans (1818-1877) les fonds de la rade n'ont pas varié.

La rade de Brest peut être considérée comme l'œuvre de l'érosion continentale : c'est une dépression qui a jadis été sculptée par les eaux courantes dans une masse de roches relativement tendres (sédiments schisteux briovériens et dévoniens) qu'entourent deux ceintures gréseuses plus dures et plus ou moins continues (quartzites de Plougastel et grès armoricain). La sculpture par les eaux courantes a été poussée très loin parce que la zone de roches tendres a été labourée par plusieurs cours d'eau qui venaient y confluer; les eaux marines, dans leur montée récente, n'ont fait qu'envahir cette zone basse, dont le relief était parvenu à un stade d'évolution très avancé.

PALÉONTOLOGIE. — *Les Poissons fossiles du terrain houiller du nord de la France*. Note de M. **Pierre Pruvost**, présentée par M. Ch. Barrois.

Le progrès des observations géologiques dans le bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais a révélé que les débris de Poissons y abondent, en particulier à de nombreux niveaux de schistes bitumineux qui recouvrent le toit de certaines veines de houille. En dépit de leur fréquence, toutefois, l'état de conservation de ces fossiles est fort précaire : pas une seule empreinte de poisson n'a encore été rencontrée complète et les fragments solides du corps, os, dents, écailles, gisent dissociés, épars sur le schiste. Ceci explique pourquoi, signalés en 1909 pour la première fois par M. Ch. Barrois (1), étudiés par MM. Leriche et l'abbé Carpentier, ces horizons ichthyologiques n'ont révélé d'abord qu'un très petit nombre de types (5 espèces) reconnaissables.

En réalité, ces débris, si mauvais soient-ils, ne sont nullement inutilisables, leur abondance suppléant à leur imperfection; il est presque toujours

(1) *Ann. Soc. géol. du Nord*, t. 38, p. 492.

possible, à l'examen des ornements et de la forme des écailles et des dents, de reconnaître l'espèce à laquelle le fragment a appartenu. Dans le matériel recueilli jusqu'ici au fond des mines par le service du musée houiller de Lille, nous avons reconnu l'existence d'au moins 22 espèces bien définies dont voici la liste :

ÉLASMOBRANCHES : *Pleuroplax affinis* Salt., *P. Attheyi* Bark., *Helodus simplex* Ag., *Acanthodes Wardi* Egert.

CROSSOPTERYGIENS : *Megalichthys Hibberti* Ag., *Strepsodus sauroides* Binn., *Rhizodopsis sauroides* Williams, *R. Wachei* nov. sp., *Cœlacanthus elegans* Newb., *C. mucronatus* nov. sp.

GANOÏDES : *Elonichthys Robisoni* Hibb., *E. Aitkeni* Traq., *E. denticulatus* Traq., *E. Egertoni* Eg., *Rhadinichthys Renieri* nov. sp., *R. monensis* Traq., *R. Lerichei* nov. sp., cf. *R. Grossarti* Traq., *Drydenius Molyneuxi* Traq., *Cheirodus granulosus* H. et A., *Mesolepis scalaris* Young, *M. pustulosa* nov. sp.

Nous indiquerons prochainement les caractères de ces espèces et la façon de les distinguer, nous bornant ici à résumer certaines observations générales que nous suggère l'étude de cette faune ichthyologique et de son gisement.

AU POINT DE VUE BIOLOGIQUE : Ces poissons se répartissent en trois catégories distinctes, offrant des mœurs et des habitats différents.

1° *Poissons marins.* — Certains se trouvent, dans le terrain houiller, cantonnés aux sédiments d'origine marine où on les voit associés aux Lingules et aux *Productus*. Ce sont les moins nombreux (*Coel. mucronatus*, *El. Robisoni*, *El. denticulatus*, *Rh. Renieri*), types *sténohalins*, réfractaires à l'adaptation aux eaux saumâtres ou dessalées. Chose remarquable, ces espèces fidèles au milieu marin ont conservé des *caractères archaïques*, qui les rapprochent des formes marines, leurs ancêtres, du Carbonifère inférieur.

2° *Poissons limniques.* — D'autres types paraissent, au contraire, limités aux dépôts d'eau douce et jamais ne sont associés à des fossiles marins. Ce sont, par exemple : *Str. sauroides*, *Rhiz. Wachei*, *El. Egertoni*, *Rhad. monensis*, *Rhad. Lerichei*, *Dryd. Molyneuxi*, *Cheir. granulosus*, espèces d'autre part intéressantes par leur étroite localisation stratigraphique.

3° *Poissons euryhalins.* — Enfin, il est une catégorie curieuse de ces poissons, qui sont franchement marins au début de l'époque westphalienne et dont on observe ensuite l'acclimatation progressive à des eaux de moins en moins salées : au westphalien moyen, ils sont tout à fait adaptés au milieu limnique. Ce sont des formes *euryhalines*, capables d'aborder des eaux de

salinité variable (*El. Aitkeni, Mes. scalaris, Rhiz. sauroides, Coel. elegans*).

Au point de vue stratigraphique : Considérés sous le rapport de leur distribution verticale dans le terrain westphalien, ces fossiles peuvent se diviser en deux groupes :

1° *Espèces à vaste dispersion stratigraphique.* — Ce sont précisément les types *euryhalins*, qui, s'adaptant aux changements de milieu avec une grande facilité, ont présenté une *longévité considérable*. Un autre apanage de ces êtres plastiques est le *cosmopolitisme* et certains d'entre eux se trouvent répandus dans tous les dépôts westphaliens, y compris ceux du nouveau monde.

2° *Espèces localisées stratigraphiquement.* — Au contraire, la grande majorité des poissons étudiés a une extension verticale limitée à un ou deux faisceaux de couches. On peut distinguer ainsi, de haut en bas, des faunes successives :

Faisceau de veine Edouard (sommet de l'assise de Bruay) : *Rhiz. Wachei, Rhad. Lerichei.* cf. *Rh. Grossarti.*

Assise de Bruay : *El. Egertoni, Mesol. putulosa, Dryd. Molyneuxi.*

Assise d'Anzin et de Vicoigne : *Pleur. affinis, P. Attheyi, Helod. simplex, Strep. sauroides, Rhad. monensis.*

Assise de Vicoigne : *El. Aitkeni, Cheir. granulosus, Mes. scalaris.*

Assise de Flinès : *Coel. mucronatus, El. denticulatus, Rhad. Renieri.*

Ces formes offrent un grand intérêt pratique en ce qu'elles constituent de précieux repères qui peuvent aider à distinguer les veines et les faisceaux. La valeur de ces repères est soulignée du fait que leur distribution est identique dans les bassins voisins. Et nous avons pu utiliser ces menus débris de poissons, à côté d'autres représentants de la faune houillère, pour comparer et assimiler les diverses couches du terrain houiller du Nord de la France à celles de la Grande Bretagne.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de certaines conditions sur la consommation comparée du glucose et du lévulose par le* Sterigmatocystis nigra *à partir du saccharose.* Note (1) de M. **Marin Molliard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'élection du glucose et du lévulose, mise en évidence par Dubrunfaut (1847), a fait l'objet d'une série de travaux relatifs à des Champignons, les Levûres en particulier, et à des végétaux supérieurs; il n'y a d'ailleurs pas

(1) Séance du 16 décembre 1918.

accord entre les auteurs sur la signification du phénomène : les uns, Pfeffer (1885), Knecht (1901), admettent que les faits s'expliquent par des vitesses différentes de diffusion des deux sucres; d'autres, Brown et Morris (1893), Lindet (1900 et 1911), sont amenés à envisager une véritable élection physiologique, le glucose étant surtout utilisé pour la respiration et le lévulose pour l'édification des tissus. J'apporte sur la question des faits d'un nouvel ordre, concernant les variations du rapport de consommation du glucose et du lévulose par le *Sterigmatocystis nigra* lorsque l'acidité du milieu vient à augmenter ou lorsque le taux d'azote est insuffisant pour l'utilisation normale du sucre.

Considérons tout d'abord une culture de la Mucédinée effectuée sur un liquide ayant la composition suivante :

Eau (quantité suffisante)........................	1000^{cm^3}
Saccharose..	$46^g,7$
Tartrate neutre d'ammonium....................	$9^g,2$
Sulfate de magnésium............................	$0^g,8$
Phosphate monopotassique.......................	$0^g,8$
Sulfate de fer......................................	$0^g,046$
Sulfate de zinc.....................................	$0^g,046$

Ce liquide diffère surtout de celui de Raulin en ce que l'azote est fourni par un seul corps, sous forme uniquement ammoniacale et dans un rapport au carbone égal à $\frac{1}{16}$, sensiblement plus élevé que celui de la solution employée par Raulin où il n'était que de $\frac{1}{18,9}$; on obtient dans ces conditions, pour 150^{cm^3} de milieu nutritif, un poids de mycélium sec maximum voisin de 4^g, la récolte n'étant que de $2^g,5$ dans les expériences de Raulin; la dose d'azote introduite est telle que le sucre et l'ammoniaque disparaissent du liquide en même temps. Si l'on mesure le rapport de consommation en présence de ce liquide au cours du développement, on constate que, d'abord sensiblement plus grand que l'unité (1,5 par exemple), il s'abaisse rapidement, et les deux sucres se trouvent coexister jusqu'à leur complète utilisation.

On obtient des résultats tout à fait comparables lorsqu'on remplace le tartrate d'ammonium par de l'azotate ou du chlorure d'ammonium, que ces corps soient fournis à une dose telle que le rapport $\frac{Az}{C}$ soit égal à $\frac{1}{16}$ ou seulement à $\frac{1}{32}$; dans ce second cas la récolte est seulement diminuée, devenant égale à $2^g,9$ avec le chlorure d'ammonium, et n'est réalisée qu'au bout de 4 jours au lieu de 3.

A ce milieu contenant du chlorure d'ammonium à la dose moitié de la dose optima ajoutons des quantités croissantes d'acide chlorhydrique, par exemple 225^{mg}, 270^{mg}, 290^{mg} et 310^{mg} pour les 150^{cm^3} du liquide nutritif de

chaque culture; nous constatons alors que le développement de la Mucédinée est ralenti et que les récoltes maxima vont en s'affaiblissant, mais surtout, et c'est ce qui nous intéresse ici, que le rapport de consommation du glucose et du lévulose est profondément modifié, comme l'indiquent les quelques nombres suivants, qui se rapportent à une teneur initiale en saccharose correspondant à 7^g,100 de sucre interverti.

Dose de HCl (mg).	Age des cultures (jours).	Récolte (mg).	Sucres restant (mg) glucose.	lévulose.	Rapport de consommation.
290	8	1330	1175	2920	3,77
	16	1450	980	2712	3,06
	21	1511	0	2066	2,39
310	8	834	1416	3244	6,97
	13	1018	708	3072	5,94
	21	1243	0	2555	3,56

Les rapports de consommation sont beaucoup plus élevés que précédemment et le glucose disparaît à un moment où il reste encore des quantités considérables de lévulose; la culture de 21 jours contenant 290^{mg} d'acide chlorhydrique possède un poids de lévulose correspondant à 58 pour 100 de lévulose initial; dans celle où l'on a ajouté 310^{mg} d'acide chlorhydrique, il reste 72 pour 100 du lévulose introduit, si bien que nous nous trouvons en présence d'un procédé biochimique de préparation de lévulose à partir du saccharose, auquel correspond un rendement assez élevé.

Au lieu d'aciduler le liquide de culture, diminuons fortement la dose d'azote, et introduisons, par exemple, une quantité de chlorure d'ammonium correspondant à $\frac{Az}{C} = \frac{1}{160}$; la récolte maxima de 1^g est obtenue au bout de trois jours, alors qu'il reste encore 4^g,84 de sucre interverti inutilisé; à ce moment, le rapport de consommation de glucose et du lévulose est de 3,5; le poids du mycélium se maintient ensuite longtemps constant, les phénomènes d'autolyse étant compensés par l'utilisation de l'azote libéré et d'une nouvelle quantité de sucre; vers le 28e jour, il n'existe plus de glucose dans le milieu nutritif, mais encore environ 1300^{mg} de lévulose, soit 36 pour 100 du lévulose initial.

Nous réalisons donc des vitesses de consommation très différentes pour le glucose et le lévulose en modifiant, par des procédés variés, la nutrition de la Mucédinée; il ne saurait être question de faire intervenir ici des propriétés différentielles de diffusion pour les deux sucres; l'utilisation relative de ceux-ci apparaît ici nettement comme étant fonction du développement mycélien; dans les deux cas considérés, la multiplication cellu-

laire est fortement diminuée, et c'est une nouvelle raison de considérer que le lévulose joue le rôle principal dans l'édification des tissus végétaux.

MICROBIOLOGIE. — *Coccobacilles nouveaux parasites du Hanneton.* Note [1] de M. A. **Paillot**, présentée par M. Marchal.

Des observations faites en 1916 sur les parasites microbiens du Hanneton et de quelques autres Insectes nuisibles, il résultait que le nombre des espèces susceptibles de provoquer des maladies épidémiques était plus élevé qu'on ne le supposait : rien que dans la région lyonnaise (plateau de Sathonay) trois coccobacilles et trois autres microbes, non colorables par la méthode de Gram, avaient été isolés de Hannetons malades [2]. Il était à prévoir que, dans les autres régions plus ou moins éloignées de celle-ci, d'autres microbes pathogènes devaient se rencontrer. Pour le Jura, outre l'une des espèces lyonnaises, une espèce, qui n'a pas été observée près de Lyon, a été isolée en 1916. En 1917, il y eut très peu de Hannetons dans la région lyonnaise. En Touraine, par contre, ils furent très abondants. Dans un lot d'Insectes envoyé de Tours, pas moins de trois espèces de coccobacilles, toutes différentes de celles décrites jusqu'ici, furent isolées et étudiées : aucune de ces dernières, par contre, n'a été rencontrée.

Deux des coccobacilles liquéfient la gélatine et peuvent être rangés dans le groupe que nous avons nommé *Bacillus melolonthæ liquefaciens*; chacune des espèces sera désignée par les lettres β et γ; la troisième espèce ne liquéfiant pas la gélatine peut être rangée dans le groupe de *B. melolonthæ non liquefaciens*, dont nous avons décrit antérieurement trois espèces (α, β, γ); elle peut donc être désignée par la lettre δ.

La culture sur gélose ordinaire caractérise bien les deux premiers coccobacilles : elle a une tendance très marquée à diffuser à la surface du milieu, aussi est-il très difficile d'isoler ces microbes; même en prenant de vieux tubes de gélose suffisamment aérés pour qu'il ne reste plus d'eau de condensation, les colonies s'accroissent rapidement en surface, par formation de larges zones concentriques, de plus en plus minces, qui finissent très vite par confluer, constituant ainsi une couche uniforme plus ou moins transparente, à peu près de même teinte que la gélose.

L'action sur les sucres est très importante, car elle permet de différencier nettement les espèces; toutes deux font fermenter le glucose, mais sont sans action sur lactose, mannite, dulcite, arabinose; on peut noter,

(1) Séance du 16 décembre 1918.

(2) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 531 et 772.

toutefois, un bleuissement marqué des milieux tournesolés mannité et dulcité sous l'action de *B. melolonthæ liquefaciens* β. Ce dernier, d'autre part, est sans action sur saccharose, maltose (les milieux renfermant ces deux sucres bleuissent), galactose et glycogène, mais font virer au rouge le milieu lévulosé, alors que *B. melolonthæ liquefaciens* γ est sans action sur ce dernier sucre mais fait fermenter les quatre autres.

Les autres milieux de culture ne fournissent pas de caractères suffisamment différentiels pour qu'il en soit fait mention ici.

En ce qui concerne *B. melolonthæ non liquefaciens* δ, l'action sur les sucres permet seule aussi de différencier cette espèce des autres du même groupe; ces différences sont mises en évidence dans le Tableau suivant :

	Glucose.	Lévulose.	Lactose.	Saccharose.	Mannite.	Maltose.	Galactose.	Dulcite.	Arabinose.	Glycogène.
α.	+	+	—	—	—	—	+			
β.	+	+	—	+	+	+	—			
γ.	+	+	+	+	+	+	+			
δ.	+	—	—	—	+	—	—	—	—	—

Les trois espèces de coccobacilles dont il vient d'être question sont constituées par des bâtonnets très mobiles, rarement filamenteux ou cocciformes. Les dimensions moyennes sont $0^{\mu},9 \times 1,5 - 2^{\mu}$ pour les deux premières espèces et $0^{\mu},5 \times 1,5 - 2^{\mu}$ pour la dernière.

La virulence vis-à-vis du Hanneton et des chenilles d'*Euproctis chrysorrhea* et de *Lymantria dispar* est de même ordre que celle de *B. melolonthæ liquefaciens* α. L'action de *B. melolonthæ liquefaciens* γ sur les chenilles d'*Euproctis* donne lieu à des phénomènes très curieux : on sait que le sang de beaucoup d'Insectes renferme un certain nombre d'amibocytes à granulations acidophiles; dans le sang des chenilles d'*Euproctis*, ces granulations se colorent assez faiblement et sont en général de petites dimensions. Peu de temps après l'inoculation des bacilles, quelquefois dès la deuxième heure, on voit le nombre des granulations croître très rapidement ainsi que celui des amibocytes qui les renferment; en même temps, leurs dimensious deviennent plus grandes et elles retiennent davantage la matière colorante. Six heures après l'inoculation, la grande majorité des amibocytes renferment des granulations éosinophiles de toutes dimensions, dont quelques-unes ne se distinguent du noyau que par l'absence de grains de chromatine. A une phase plus avancée de l'infection, la cellule se désorganise et les granulations nagent librement dans le sang; leurs contours s'estompent de plus en plus et elles finissent par disparaître. Elles tirent très probablement leur origine de la substance protoplasmique : on retrouve le plus souvent, en effet, le noyau intact au milieu des granulations; ce n'est que plus tard qu'il se chromatolyse. La transformation du

protoplasme a lieu sous l'influence d'une toxine sécrétée par le microbe; cette toxine est thermolabile; elle se produit dans les cultures sur milieux artificiels, mais en moindre abondance que dans le sang des chenilles vivantes. Il est possible aussi qu'elle soit moins active. Le microbe n'est pas phagocyté.

On peut rapprocher ces faits de l'éosinophilie des Vertébrés supérieurs souvent consécutive de maladies vermineuses et quelquefois de maladies contagieuses; cependant, elle n'apparaît que tardivement, le plus souvent au moment de la convalescence pour les maladies microbiennes.

B. melolonthæ liquefaciens β jouit de propriétés analogues à celles de γ, mais plus atténuées; la toxine sécrétée serait donc moins abondante ou moins active.

Les observations faites en 1917 sur les parasites microbiens des Hannetons de la région de Tours donnent une preuve de la multiplicité des maladies épidémiques susceptibles de mettre un frein à la trop grande multiplication de l'Insecte. La même conclusion pourrait être tirée des études similaires entreprises sur d'autres Insectes (*Lymantria dispar*, *Pieris brassicæ*, Ver à soie), de sorte qu'on peut affirmer que la flore microbienne des Insectes ne le cède en rien pour la richesse et la variété à celle des Vertébrés.

La forme d'infection la plus répandue est la septicémie; nous n'avons jamais eu l'occasion d'observer chez les microbes des Insectes une spécificité aussi grande, vis-à-vis les tissus de l'hôte, que celle de certains parasites de l'homme : le Bacille de Lœffler par exemple ou le Méningocoque et le Gonocoque.

Quant aux réactions des tissus à l'infection, du liquide sanguin en particulier, elles sont intéressantes au plus haut point; les faits signalés plus haut en sont un premier exemple; d'autres faits sont en cours d'étude.

M. **Georges Claude** adresse, par l'organe de M. *Maurice Leblanc*, une Note intitulée : *Sur une application nouvelle de la viscosité*.

(Renvoi à la Commission de Balistique.)

A 16 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 DÉCEMBRE 1918.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau le Tome 164 (janvier-juin 1917) des *Comptes rendus*.

OCÉANOGRAPHIE. — *Marche des mines flottantes dans l'Atlantique Nord et l'océan Glacial pendant et après la guerre*. Note (¹) de S. A. S. **Albert, Prince de Monaco**.

Direction. — Les eaux de l'Atlantique nord sont fortement influencées dans le déplacement de leur masse superficielle, par le courant du « Gulf-Stream » dont j'ai étudié la marche il y a longtemps, au moyen d'une méthode expérimentale. Dans ce but, j'ai semé sur certaines régions de l'Océan un grand nombre d'objets en bois, en métal ou en verre construits de manière à flotter juste au-dessous de la surface pour être soustraits à l'action directe des vents, mais exposés à celle du courant qui entraîne la masse des eaux.

Les flotteurs dont j'ai fait usage dans cette vaste expérience parcoururent l'océan Atlantique pendant une vingtaine d'années : il en fut même rencontré dernièrement encore.

Entre ces flotteurs et les mines flottantes employées pendant la guerre, il existe une analogie qui permet d'appliquer à leur marche des calculs sem-

(¹) Séance du 23 décembre 1918.

blables : mais peut-être les mines, beaucoup plus massives, se déplacent-elles plus lentement. Or les mines flottantes exposent la navigation à un danger considérable qui se prolongera jusqu'à la fin de leur flottage. Et il est certain qu'un assez grand nombre d'entre elles s'est échappé des champs que formaient leurs mouillages. La guerre du Japon et de la Russie présente des exemples de catastrophes survenues par le fait de ces corps errants dont la fin des hostilités n'arrêta pas la marche.

Comme il n'est guère possible, en principe, de retrouver les mines sur l'immensité de l'Océan, il faut, pour donner une sécurité relative aux navigateurs, étudier et signaler les parages vers lesquels un courant les dirige suivant leur point de départ. Mes longs travaux océanographiques me fournissent les éléments nécessaires pour résoudre cette question, et pour présenter la carte ci-jointe qui donne les résultats obtenus.

Les mines parties de la mer du Nord peuvent errer le long des côtes française, belge, hollandaise, danoise, ou anglaise de l'Est, jusqu'à leur transport définitif dans les fjords de la Norvège. Celles qui sont parties de la Manche peuvent d'abord errer entre les côtes française et anglaise, sous l'influence des marées ou de quelque tempête, mais elles finissent par entrer dans l'Océan, les unes pour y suivre la marche du « Gulf-Stream » vers le Sud, les autres pour se joindre à celles qui sont parties des côtes et de la mer d'Irlande, et qui gagneront la côte de Norvège après avoir traversé l'océan Glacial.

Les mines parties des côtes française, espagnole, portugaise et marocaine de l'Atlantique sont entrées dans la grande circulation océanienne, de même que celles qui seraient parties des îles Canaries, de Madère, des Antilles, des Bermudes ou des Açores. Cette circulation est commandée par l'influence du « Gulf-Stream », et l'étude que j'en ai faite autrefois s'est montrée exacte pour la vitesse comme pour la direction. D'après mes recherches, les mines libérées sur la côte européenne et sur la côte africaine, depuis la Manche jusqu'à la hauteur des îles Canaries, après avoir marché vers le Sud et bordé sans y toucher le nord des îles du cap Vert en s'inclinant à l'Ouest, sont progressivement entrées dans le courant équatorial.

Dès lors et portées sur celui-ci vers l'Amérique, elles visitent les petites et les grandes Antilles ainsi que les îles Bahamas en bordant surtout la région orientale de ces archipels. Toutefois, elles peuvent accidentellement pénétrer jusqu'à la côte de l'Amérique centrale, sans entrer dans le golfe du Mexique.

Bientôt après, elles retombent dans le courant du « Gulf-Stream » à la

sortie du golfe du Mexique, avec une tendance à se maintenir sur sa lisière orientale, ce qui leur permet de visiter l'archipel des Bermudes et de gagner celui des Açores.

Dans la région centrale du tourbillon océanien formé par le « Gulf-Stream » et dont l'axe oscille quelque part vers le Sud-Ouest des Açores, le plus grand nombre de ces mines revenues des Antilles devra tournoyer indéfiniment d'après le régime qui règle la marche du flottage dans l'espace connu sous le nom de *Mer des Sargasses*.

Après avoir flotté ainsi plus ou moins loin dans le Nord, le Sud, l'Est et l'Ouest de l'archipel des Açores, mais sans dépasser beaucoup le 50° de latitude vers le Nord et le 15° de latitude vers le Sud, sans pénétrer à l'Ouest dans le courant froid qui baigne la côte occidentale des Etats-Unis, mais en parcourant la plus grande partie de l'espace qui sépare les Açores du continent européen, les flotteurs venant de l'Ouest et parvenus au large de la Manche, près de leur point de départ, se partagent deux routes. L'une, qui les mène vers l'Afrique, les fait rentrer et circuler indéfiniment dans le grand cycle du tourbillon océanien; l'autre les conduit vers le Nord-Est et les répand abondamment sur les côtes occidentales d'Angleterre et d'Irlande. Toutes les mines qui prendront ce dernier chemin se mêleront dans les fjords de Norvège avec celles venues de la mer du Nord, pour gagner l'océan Arctique vers le cap Nord et se voir détruites, sans doute, dès leur première rencontre avec des glaces.

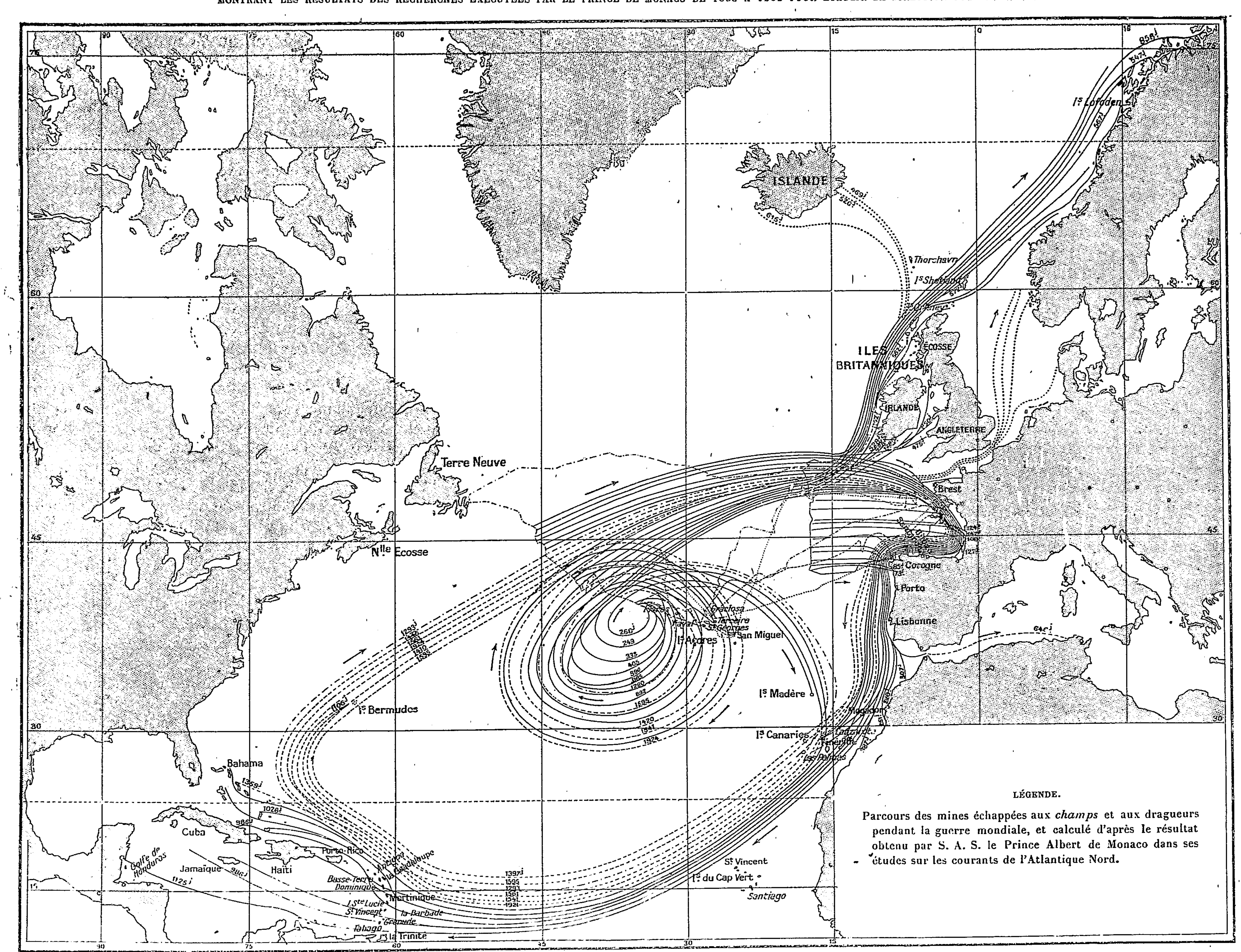
Quelques-unes qui auront quitté la côte d'Angleterre vers les îles Hébrides pour visiter l'Islande disparaîtront aussi dans les glaces. J'ignore si, accidentellement, une ou deux mines revenant de l'Ouest pénétreront dans la mer du Nord par la Manche, cela est possible.

Des mines qui auraient été posées sur la côte des États-Unis, seraient entrées dans le grand cycle de flottage après avoir été prises par le courant polaire étroit qui descend du Nord et longe cette côte jusque vers l'entrée du golfe du Mexique.

Vitesse. — Quant à la vitesse de translation d'objets tels que ces mines, je la calcule ainsi que je l'ai fait jadis pour mes expériences de flottage, et voici ce que j'en puis dire. Les mines sorties de la Manche pour entrer dans le tourbillon océanien sont descendues vers le Sud et ont gagné la côte espagnole vers le fond du golfe de Gascogne, en deux mois environ. De ces parages, elles ont doublé le cap Finisterre pour continuer à descendre vers le Sud le long du Portugal et du Maroc et pour atteindre l'archipel des Canaries dix mois après leur départ de la Manche.

CARTE DE L'ATLANTIQUE NORD

MONTRANT LES RÉSULTATS DES RECHERCHES EXÉCUTÉES PAR LE PRINCE DE MONACO DE 1885 A 1888 POUR ÉTABLIR LA DIRECTION DES COURANTS.



Trois ans après ce départ, et sans compter quelque temps perdu par la traversée des Canaries, les mines ont franchi l'Atlantique dans une zone où se confondent le courant équatorial, le courant du « Gulf-Stream » et celui que fait naître le vent alizé. Elles marchent alors à la vitesse de 10 milles par 24 heures pour aborder en nombre considérable les Antilles : surtout l'archipel des Bahamas. Ces mines rejoindront enfin le Continent européen, au large de la Manche, après un flottage de quatre années environ, tandis que, sur la seconde moitié de leur cycle, plusieurs de leurs groupes seront partis vers le Sud pour visiter les Bermudes, les Açores et Madère.

Et les mines qui ne se détacheront pas, alors, du grand essaim parvenu devant la Manche pour monter vers les fjords de la Norvège après avoir enveloppé l'Irlande par l'Est et par l'Ouest, recommenceront un nouveau voyage autour de l'Atlantique, sur la même piste que le premier. La vitesse moyenne calculée pour l'accomplissement d'un parcours de ce cycle par les mines, est de 5 milles par vingt-quatre heures.

Les mines flottantes placées dans la Méditerranée ne peuvent se prêter à aucun travail permettant de prévoir leur marche, si ce n'est dans une très petite région située depuis Gibraltar jusqu'à la hauteur des îles Baléares et où les courants généraux apportent les eaux de l'Atlantique, tandis que des contre-courants les ramènent vers l'Ouest, de chaque côté, le long des terres de l'Espagne et de l'Afrique.

Quant aux mines qui auraient été abandonnées sur la côte orientale des États-Unis, elles ont été prises par le courant froid qui va se perdre dans le « Gulf-Stream », vers son origine, à sa sortie du golfe du Mexique, et par là elles sont entrées dans la circulation générale décrite ici.

Avec cette étude, je montre les lignes principales des parcours les plus dangereux, mais je ne puis pas garantir la navigation contre quelques mines qui auraient été isolément entraînées en dehors par des tempêtes. D'autre part, les considérations que j'envisage ne garderont leur valeur que si des altérations imprévues ne viennent pas modifier la flottabilité de ces engins.

Conseils aux navigateurs. — Les mines flotteront peut-être longtemps sur l'Atlantique puisque mes flotteurs d'expérience l'ont fait pendant près d'un quart de siècle; et le meilleur moyen d'éviter leurs méfaits sera de naviguer autant que possible en dehors du cycle qu'elles doivent parcourir. Ce cycle les fera passer et repasser dans les archipels épars sur l'Atlantique; elles s'agglomèreront même autour des îles, attirées par une force spéciale

et retenues plus ou moins longtemps par l'influence des marées et des courants locaux, jusqu'à ce que certains vents les repoussent dans la circulation générale. Peu à peu seulement elles disparaîtront en explosant dans un choc produit par leur rencontre avec une autre épave ou avec les rochers d'une côte.

Les régions les plus visitées par les mines peuvent être sommairement décrites ainsi : le fond et le sud du golfe de Gascogne entre Bordeaux et le cap Finisterre. La côte ouest du Portugal, celle du Maroc et l'archipel des Canaries, ainsi que Madère. L'espace compris entre la Manche et les Canaries est particulièrement dangereux parce que les vents dominants de cette partie de l'Atlantique exercent une certaine influence sur le transport de la couche superficielle des eaux et contribuent à repousser le flottage de la haute mer vers ces côtes. Entre les Canaries et les Antilles, l'espace visité devient plus large ; dans la mer des Antilles, la dispersion augmente et les destructions par la rencontre de récifs également. Le retour vers l'Europe des mines restantes se fait sur un chemin plus étroit jusqu'à l'archipel des Açores où le danger d'une collision est de nouveau sérieux à cause de l'accumulation du flottage qui s'y produira ainsi que dans la mer des Sargasses, parce que c'est la région centrale du tourbillon engendré par le courant du « Gulf-Stream » et le courant équatorial combinés. Les accumulations de mines flottantes, particulièrement accentuées au centre et sur la périphérie du cycle parcouru, ont été alimentées par un échappement continuel de ces objets pendant une période de quatre années.

Les navires qui circulent entre l'Europe et les États-Unis trouveront leur plus grande sécurité au nord d'une ligne qui s'élève depuis l'entrée de la Manche jusqu'à 50° de latitude nord, et en la suivant jusqu'à 30° de longitude ouest (Greenwich), pour s'incliner ensuite vers la limite méridionale du Banc de Terre-Neuve. Les eaux chaudes venant d'Amérique vers l'Europe marquent bien la limite septentrionale du danger.

D'un point de vue général, les navires qui circulent entre le sud de l'Europe et les États-Unis rencontreront leur plus grand risque au voisinage des côtes européennes et des archipels, jusqu'au sud des îles Canaries, et leur plus grande sécurité sur une ligne passant un peu au nord de Madère pour tangenter la limite sud de la mer des Sargasses.

Du même point de vue, la région centrale de l'Atlantique nord, entre 32° et 43° de latitude nord, 24° et 50° de longitude ouest (Greenwich), présentera le plus de dangers.

Il n'est pas impossible, mais il est peu probable que l'on trouve une mine

errant sur un point quelconque de l'océan Atlantique nord, à la suite d'incidents spéciaux.

Le danger des rencontres avec une mine encore explosible peut durer longtemps, car les simples flotteurs employés dans mes études ont été vus pendant dix à vingt ans sur divers points de l'Atlantique mentionnés ici. Mais les mines disparaîtront plus vite par le fait de leur suppression automatique.

Les côtes des États-Unis sont protégées contre ces engins venant d'Europe par le courant polaire qui descend du Nord jusqu'en Floride.

Telles sont les conclusions que mes études océanographiques me permettent d'appliquer aujourd'hui à la sauvegarde des navigateurs qui seront, longtemps après la paix, encore menacés par le génie de la guerre « fraîche et joyeuse ».

M. DE SPARRE fait hommage à l'Académie, par la lettre suivante, d'un Mémoire *Sur les conditions à remplir par certains dispositifs destinés à atténuer les coups de bélier* (¹) :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un Mémoire publié dans deux articles de la *Revue générale de l'Electricité*.

Ce Mémoire a pour but l'étude générale des conditions à remplir par les différents dispositifs destinés à atténuer les coups de bélier.

Le problème qui se pose dans les installations hydrauliques ordinaires (²) est en définitive le suivant : il s'agit de passer, d'un état de régime où la vitesse de l'eau dans la conduite a une valeur donnée, à un autre état de régime où cette vitesse est moindre.

Comme la force vive dans le second état est moindre que dans le premier, quel que soit le dispositif adopté, on ne peut passer du premier état au second sans donner naissance à un certain travail négatif destiné à absorber cet excès de force vive. Ce travail négatif sera développé par la surpression due au coup de bélier. Il est donc absolument impossible, quel que soit le dispositif adopté, de supprimer complètement le coup de bélier, puisque le travail négatif qu'il doit fournir est donné. Il s'agit, tout

(¹) Séance du 23 décembre 1918.

(²) Je laisse de côté le cas des presses d'étampages ou d'emboutissages d'obus pour lequel le problème est d'une nature tout à fait différente.

en maintenant sa valeur maxima dans des limites acceptables, de réduire au minimum la durée de son action et les dimensions de l'appareil destiné à l'atténuer.

Pour atteindre ce but il y a certaines conditions générales à remplir, que j'indique d'abord et qui sont les mêmes, quel que soit le dispositif adopté. Je donne ensuite l'application de ces principes aux amortisseurs et cheminées d'équilibre déversantes, en montrant les conditions qu'elles doivent remplir pour réduire au minimum la quantité d'eau qu'ils débitent et par suite la perte d'énergie.

Dans la seconde partie du Mémoire, je fais l'application des principes donnés au début, au cas des réservoirs et des cheminées d'équilibre non déversantes, je montre comment on peut y satisfaire par l'emploi du procédé que j'ai indiqué dans ma communication du 16 juillet 1918, dont je développe la solution d'une façon beaucoup plus complète. Je montre que ce procédé, en réduisant de moitié les dimensions des appareils dont il s'agit, supprime aussi, en grande partie, les oscillations de l'eau, si contraires au réglage.

Je fais voir ensuite que, pour une installation hydraulique donnée, le volume de l'appareil est déterminé dès que l'on se donne la valeur du coup de bélier maximum, et il reste le même, qu'il s'agisse d'une cheminée d'équilibre non déversante, d'un réservoir à contrepoids, munis ou non de ressorts ou d'un réservoir d'air. Seules sa hauteur et sa section varieront suivant le type adopté, mais le volume reste toujours le même.

J'examine enfin, pour le cas d'un réservoir à contrepoids ou d'une cheminée d'équilibre non déversante, l'influence de l'inertie du contrepoids ou de l'eau contenue dans la cheminée, et je montre que, pour une installation hydraulique ordinaire, dans laquelle on passe d'un état de régime à un autre, cette influence sera négligeable (1).

J'examine d'ailleurs ces différents problèmes, d'une part en considérant le mouvement de l'eau comme un mouvement d'ensemble et, d'autre part, en tenant compte de l'oscillation de l'eau, et je montre que, dans les cas dont il s'agit, ces deux méthodes conduisent très sensiblement aux mêmes résultats.

---

(1) Il n'en serait pas de même dans le cas des presses à étamper ou à emboutir les obus; dans ce cas l'inertie du contrepoids peut prendre au lieu de cela une influence très importante, mais je laisse ce cas complètement de côté.

ZOOLOGIE. — *Les Dicyémides*. Note (¹) de M. **Aug. Lameere.**

J'ai l'honneur de communiquer à l'Académie les résultats des recherches que j'ai poursuivies, pendant les quatre années de la guerre, sur les Dicyémides. Mes études ont été faites à la Station biologique de Roscoff, au Laboratoire d'évolution des êtres organisés de la Sorbonne et au Laboratoire de la villa Thuret à Antibes. Pour me permettre de m'adonner exclusivement à des travaux scientifiques pendant mon exil en France, l'Académie m'a accordé une subvention sur le Fonds Bonaparte et l'Université de Paris une subvention sur le Fonds Commercy.

1. Le parasite arrive dans les sacs rénaux des Céphalopodes tout jeunes sous la forme d'une petite larve qui devient le nématogène fondateur; celui-ci montre un plus grand nombre de cellules ectodermiques que le nématogène primaire, et son endoderme est représenté par six cellules formant trois couples disposés en file, constitués chacun d'une cellule axiale et d'une première cellule germe. Cet organisme a la constitution générale d'une femelle d'Orthonectide; il n'offre qu'une seule génération, et il engendre des nématogènes primaires.

2. Dans le nématogène primaire, l'endoderme n'est formé au début que d'une seule cellule; celle-ci se divise une première fois par mitose en une cellule endodermique définitive et en une cellule très petite qui elle-même, par deux bipartitions successives, produit quatre éléments abortifs; la cellule endodermique définitive se divise d'une manière complète en deux cellules inégales : la petite cellule est la première cellule germe, elle pénètre dans la grande qui devient la cellule axiale et qui est par conséquent une cellule folliculeuse. Nous avons en tout dans le nématogène primaire six cellules endodermiques, comme dans le nématogène fondateur, mais un seul couple subsiste; la cellule axiale est unique.

3. Le nématogène primaire, le rhombogène et le nématogène secondaire ne sont que trois stades successifs du même individu : le nématogène primaire, qui n'engendre que d'autres nématogènes primaires, devient

(¹) Séance du 23 décembre 1918.

rhombogène quand le Céphalopode entre dans sa période d'activité sexuelle, et le rhombogène devient nématogène secondaire quand cette période est terminée.

4. Lorsque le nématogène primaire devient rhombogène, les germes qu'il renferme se multiplient et les derniers embryons de nématogènes primaires que contient l'organisme achèvent leur développement, mais il ne s'en produit plus de nouveaux : un très petit nombre de germes évoluent alors en infusorigènes, les autres ne grossissent pas et dégénèrent, comparables à des cellules vitellogènes. Il en est cependant qui subissent un léger accroissement et qui pénètrent dans les cellules ectodermiques du tronc du rhombogène : leur noyau alors se gonfle, absorbe le cytoplasme qui le revêtait, et subsiste sous forme de noyau accessoire dans la cellule ectodermique, laquelle se remplit de corpuscules d'excrétion.

5. L'infusorigène est produit par une cellule germe qui grossit notablement et qui se divise, comme le germe d'un nématogène primaire, en deux cellules inégales : la petite cellule se sépare complètement de la grande, qui donne à elle seule l'infusorigène ; son noyau se gonfle, absorbe le cytoplasme qui le couvrait, et il se maintient dans la cellule axiale sous forme de noyau végétatif secondaire, le paranucléus de Whitman, qui persiste à côté de l'infusorigène. Comme dans l'embryogénie du nématogène primaire, la petite cellule est la cellule mère de tout l'ectoderme; dans l'infusorigène, l'ectoderme tombe et l'infusorigène est exclusivement endodermique.

6. L'unique cellule endodermique qui produit l'infusorigène, subit une bipartition inégale; la petite cellule, mère des oogonies, se divise en deux éléments égaux qui se séparent pour se placer à droite et à gauche de la grande et qui se divisent à leur tour en une cellule antérieure et en une cellule postérieure. De ces quatre cellules, l'une de part et d'autre évolue immédiatement en œuf, l'autre se divisera encore pour produire de nouvelles oogonies qui passeront par les phases de l'oogenèse au fur et à mesure qu'elles trouveront de la place au contact de la cellule folliculeuse centrale qui les nourrit. Cette cellule folliculeuse centrale est fille de la grande cellule endodermique de l'infusorigène qui s'est divisée pendant l'évolution de la petite : elle a donné une petite et une grande cellule, la petite pénétrant dans la grande, qui devient cellule folliculeuse, absolu-

ment comme dans un nématogène, la première cellule germe pénètre dans la future cellule axiale, sa sœur. La cellule endodermique qui a produit l'infusorigène s'est donc divisée en six cellules endodermiques primaires, comme dans un nématogène.

7. La petite cellule qui a été avalée par la cellule folliculeuse de l'infusorigène est mère de spermatogonies : elle se divise en deux cellules dont l'une passe immédiatement par toutes les phases de la spermatogenèse et donne quatre spermatozoïdes, tandis que l'autre se divise pour produire des spermatogonies qui évolueront au fur et à mesure. L'infusorigène est donc hermaphrodite : il n'y a pas de mâle chez les Dicyémides. Les spermatozoïdes sont de petites cellules rondes sans queue, passant directement de la cellule folliculeuse dans les œufs adjacents qui ont acquis toute leur taille; c'est seulement après la pénétration du spermatozoïde que les œufs se détachent de l'infusorigène et expulsent leurs deux globules polaires.

8. L'infusoriforme, qui procède d'un œuf fécondé de l'infusorigène, et auquel le rhombogène sert de matrice, a la morphologie générale d'un nématogène, en ce qui concerne l'ectoderme : les quatre petites cellules qui forment le couvercle de l'urne représentent la coiffe polaire et les deux grandes cellules renfermant les gros corpuscules réfringents sont les homologues des cellules parapolaires. L'urne a primitivement la structure d'un infusorigène : elle dérive d'une cellule endodermique unique qui se divise en une grande cellule mère du contenu de l'urne et en une petite cellule qui fournit les deux cellules enveloppantes, situées à droite et à gauche. Le contenu de l'urne se divise en quatre cellules : chacune de celles-ci constitue alors un follicule formé d'une cellule contenant une cellule germe déjà divisée en deux quand l'infusoriforme quitte le rhombogène. Nous ignorons ce que devient l'infusoriforme, qui est l'équivalent de la larve des Orthonectides. Il est probable que de la mer il passe dans un premier hôte inconnu, différent des Céphalopodes, et que là, les germes qu'il renferme et qui se sont vraisemblablement multipliés, évoluent, comme ceux de la larve des Orthonectides, en des orthonectogènes dans lesquels se développent, aux dépens de nouvelles cellules germes, les larves qui deviennent des nématogènes fondateurs.

9. Quand les rhombogènes deviennent nématogènes secondaires, les embryons issus des œufs fécondés produits par l'infusorigène n'évoluent

plus en infusoriformes ; ils ne dépassent pas le stade de morula et constituent des moruliformes, dont les blastomères se disjoignent pour devenir les cellules germes agames d'où procèdent, par polyembryonie, de nouveaux nématogènes primaires maintenant l'infection dans l'hôte. Les infusorigènes alors dégénèrent et disparaissent ; le nématogène secondaire meurt, les cellules ectodermiques encombrées de produits résiduels, quand tous les germes provenant des moruliformes ont évolué en nématogènes primaires.

10. Les cellules germes agames des Dicyémides se multipliant dans une cellule folliculeuse, comme le font les spermatogonies dans la cellule folliculeuse de l'infusorigène, doivent être considérées comme étant des oogonies ne passant pas par les dernières phases de l'oogenèse; leur période de croissance n'est pas complète, mais elle est compensée par l'alimentation ultérieure des embryons aux dépens de la cellule folliculeuse qui les contient. La formation de ces embryons est en effet caractérisée par le fait insolite que les blastomères et l'embryon lui-même, par conséquent, grossissent au fur et à mesure que se produit la segmentation. Les germes agames des Dicyémides sont donc des oogonies parthénogénétiques n'ayant naturellement pas à expulser de globule polaire, puisqu'elles ne sont pas arrivées au stade d'oocyte de premier ordre.

11. L'embryogénie du nématogène primaire démontre nettement que l'organisme dérive de la trochophore des Polychètes. La cellule ectodermique se divise en deux cellules dont l'une fournit les cellules de la tête, parapolaires et polaires, et l'autre tout l'épiderme du tronc, la tête n'évoluant que quand le tronc est entièrement constitué. Dans la formation du tronc, on constate que les divisions cellulaires procèdent de l'arrière vers l'avant, et que la face dorsale est plus allongée que la face ventrale. Il n'y a que deux segments, outre la tête, un grand segment antérieur et un petit segment terminal. L'unique cellule endodermique première est enveloppée par épibolie d'arrière en avant. La tête, ou lobe préoral, constitue dans l'embryon plus de la moitié de la longueur totale.

12. Les Dicyémides sont donc des Vers; ils dérivent des Orthonectides, et le problème de l'origine des Mésozoaires, Aneuriens, Mionhelminthes, Planuloïdes, ou Mésogoniens, se ramène à la découverte de l'ancêtre des Orthonectides. Cet ancêtre devait être un Ver rond, sexué, à segmenta-

tion indiquée au moins dans l'épiderme, à larve trochophore, ayant par conséquent des cils vibratiles, vivant dans la mer. La bouche était surmontée d'un grand lobe préoral, l'anus était terminal; il y avait chez la femelle un pore génital antérieur ventral non médian; le mâle s'approchait de l'orifice de ponte de la femelle, et il émettait ses spermatozoïdes par l'extrémité du lobe préoral; le dimorphisme sexuel était considérable. Cette formule, dérivée directement de nos connaissances sur les Orthonectides et éclairée par l'embryogénie des Dicyémides, convient absolument au genre *Bonellia*. Les fameux et énigmatiques Mésozoaires sont des Echiuriens.

HYGIÈNE ALIMENTAIRE. — *Sur les conserves de fruits distribuées aux troupes.* Note (¹) de M. **Balland.**

1. Les conserves de fruits ne sont pas comprises daus les rations journalières de pain, viande, légumes secs, café, sucre, sel, allouées aux troupes en paix comme en guerre. Elles font partie de denrées spéciales mises à la disposition des ordinaires par les stations magasins et les centres d'approvisionnement. Ces denrées, délivrées à titre remboursable à des prix très avantageux, relèvent d'un service spécial organisé depuis la guerre et généralement peu connu; elles ne comprennent pas seulement des produits alimentaires, tels que pâtes, biscuits, fruits secs, fromages, beurre demi-sel, charcuterie, conserves de viande, de poissons et de légumes, mais aussi des articles de papeterie, bimbeloterie, brosserie, parfumerie, etc.

2. Les fruits aplatis et séchés (abricots, poires, pommes, prunes, etc.), commercialement désignés sous le nom de *fruits tapés* et dont on ne saurait trop favoriser le développement en France, offrent en tous temps et en tous lieux plus de matières alimentaires que les fruits récemment cueillis dont l'excès d'eau compromet la conservation et rend les transports plus onéreux. Les figues et raisins secs, les dattes, amandes, noix et noisettes présentent les mêmes avantages.

3. Dans les confitures proposées (confitures d'abricots, d'arbouses, de bananes, cerises, châtaignes, coings, dattes, figues, fraises, framboises,

(¹) Séance du 23 décembre 1918.

groseilles, mûres, oranges, pastèques, poires, pommes, prunes, soja, tomates), on a trouvé 22 à 53 pour 100 d'eau et 36 à 70 pour 100 de sucre; dans les gelées, 21 à 40 d'eau et 50 à 73 de sucre; dans les crèmes et pâtes, 27 à 34 d'eau et 63 à 70 de sucre.

Dans les marmelades aux pommes seules ou mélangées avec poires, prunes et raisins, les écarts ont été plus grands : 35 à 86 d'eau et 10 à 62 de sucre.

Dans les boîtes de fruits au sirop, il y a eu parfois moins de fruits que de sirop. La pénétration du sirop dans les fruits a abaissé notablement leur hydratation. Les abricots, cerises, fraises, poires, prunes, etc., qui contiennent 80 à 90 pour 100 d'eau au moment de la récolte, n'en retiennent plus que 60 à 80 suivant la densité des sirops et leur teneur en sucre (17 à 36 pour 100).

4. En dehors des écarts d'eau et de sucre, si préjudiciables à l'alimentation, il y a eu d'autres motifs de refus : fruits passés dont l'arome a été relevé par des essences artificielles (bananes, dattes, figues); fruits non écorcés (oranges) ou non pelés (coings, poires, pommes); proportion exagérée dans certains mélanges des fruits ayant la moindre valeur commerciale. Des marmelades, d'ailleurs offertes à bas prix, ont été préparées avec des résidus de cidreries; des confitures de marrons ont été obtenues avec des déchets de marrons glacés délayés dans du sirop. Et, depuis le rationnement des denrées, le sucre remis par l'autorité militaire à divers centres de fabrication ne s'est pas toujours retrouvé dans les confitures. Il a été alloué parfois jusqu'à 55^{kg} de sucre pour 100^{kg} de confitures dans lesquelles il n'y avait pas 60 pour 100 de saccharose, glucose et lévulose, alors qu'on aurait dû en trouver beaucoup plus, les fruits employés, concentrés à 40 pour 100 d'eau qui était le taux d'hydratation fixé pour les confitures, contenant généralement plus de 25 pour 100 de matières sucrées. Des mesures ont été prises contre ces illégalités.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, en remplacement de M. *J. Bernstein*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 34,

Sir Almroth Wright obtient	....	32 suffrages
M. Langley	»	1 suffrage
M. Charles Nicolle	»	1 »

Sir **Almroth Wright**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

Sir **David Bruce**, élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **Aug. Lameere** adresse un Rapport relatif aux travaux qu'il a exécutés à l'aide de la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1915.

M. **Boulvin** adresse des remercîments pour la sympathie que l'Académie a exprimée à ses Correspondants belges au cours de la guerre.

M. **Sarraut**, Gouverneur général de l'Indo-Chine, informe l'Académie qu'il vient de créer un *Institut scientifique* chargé de coordonner toutes les recherches biologiques effectuées jusqu'ici dans divers organismes de la colonie.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur un invariant intégral de l'Hydrodynamique et sur son application à la théorie de la relativité générale.* Note [1] de M. E. VESSIOT, présentée par M. Appell.

1. Imaginons un milieu continu, glissant sur un plan xOy; soit, à l'instant t, au point (x, y), ω_0 sa densité de masse (superficielle), et (u, v) sa vitesse. Les équations $x = \varphi(t), y = \psi(t)$ du mouvement d'une de ses particules ont pour représentation une courbe C d'un espace fictif à trois dimensions, dont les coordonnées rectangulaires seront $x_0 = t$, $x_1 = x$, $x_2 = y$. Au mouvement d'une partie limitée du milieu correspondent ∞^2 courbes C, remplissant un tube (T) : soit (A) l'aire que ce tube découpe dans une surface $x_0 = S(x_1, x_2)$. Posant $\omega_1 = u\omega_0$, $\omega_2 = v\omega_0$, j'introduis l'intégrale de surface

$$(1) \qquad \mu = \iint_{(A)} \Omega, \qquad \Omega = \omega_0\, dx_1\, dx_2 + \omega_1\, dx_2\, dx_0 + \omega_2\, dx_0\, dx_1.$$

Pour l'une quelconque des transformations infinitésimales Θf, dont les trajectoires sont les courbes C, on trouve

$$\Theta\Omega = \lambda\left(\frac{\partial\omega_0}{\partial x_0} + \frac{\partial\omega_1}{\partial x_1} + \frac{\partial\omega_2}{\partial x_2}\right)\Omega.$$

On en conclut que, *pour que μ soit un invariant intégral du mouvement*, il faut et il suffit que l'équation de continuité soit vérifiée, c'est-à-dire *il faut et il suffit que la masse se conserve.* Dans ce cas la valeur de μ ne dépend que du tube T; et, en prenant pour la surface sécante un plan $x_0 =$ const., on reconnaît que μ est la masse de la partie du milieu considérée.

Soit, d'autre part, (A′) la projection de (A) sur le plan xOy. On peut écrire

$$\mu = \iint_{(A')} \left(1 - u\frac{\partial S}{\partial x} - v\frac{\partial S}{\partial y}\right)\omega_0\, dx\, dy;$$

d'où l'interprétation suivante, indépendante de l'hypothèse de la conservation de la masse : *l'intégrale* (1) *représente la somme des masses des particules de la partie du milieu considérée, chacune de ces particules intervenant avec la masse qu'elle possède à un instant déterminé* [tel que $t = S(x, y)$].

(1) Séance du 16 décembre 1918.

Lorsqu'on admet la relativité complète du temps, la masse totale d'une partie du milieu se présente nécessairement sous cette forme. La densité de masse devient aussi, en effet, une notion relative; et la grandeur complexe $(\omega_0, \omega_1, \omega_2)$ a seule un sens physique, indépendant du système de référence (x_0, x_1, x_2) adopté, qui est défini précisément par l'intégrale μ. L'invariance de Ω, pour tout changement du système de référence, donnera facilement la loi correspondante de transformation de $\omega_0, \omega_1, \omega_2$.

2. Tout ce qui précède s'applique, dans le cas d'un milieu à trois dimensions, à l'intégrale triple, calculée dans l'espace à quatre dimensions de Minkowski,

$$(2)\quad \mu = \int\int\int \omega_0\, dx_1\, dx_2\, dx_3 + \omega_1\, dx_2\, dx_0\, dx_3 + \omega_2\, dx_3\, dx_0\, dx_1 + \omega_3\, dx_1\, dx_0\, dx_2.$$

On pourra supposer, par exemple, que x_0 désigne le temps, (x_1, x_2, x_3) les coordonnées spatiales, ω_0 la densité, $\left(\frac{\omega_1}{\omega_0}, \frac{\omega_2}{\omega_0}, \frac{\omega_3}{\omega_0}\right)$ la vitesse.

Imaginons alors une *variation infinitésimale, virtuelle, du mouvement de ce milieu :* la particule qui était en (x_1, x_2, x_3) à l'instant x_0 est portée en $(x_1 + \delta x_1, x_2 + \delta x_2, x_3 + \delta x_3)$ à l'instant $x_0 + \delta x_0$, sans que sa masse soit altérée. L'intégrale (2) devant rester invariante, on en conclut les formules

$$(3)\qquad \delta\omega_h = \sum_{j=0}^{3} \frac{\partial}{\partial x_j}(\omega_j\, \delta x_h - \omega_h\, \delta x_j) - \sum_{j=0}^{3} \frac{\partial \omega_j}{\partial x_j}\, \delta x_h \qquad (h = 0, 1, 2, 3),$$

qui comprennent, comme cas particulier, celles que Lorentz a données, sans démonstration, pour un milieu à masse constante. Elles permettent d'appliquer le principe d'Hamilton, tel que Lorentz l'a généralisé, à la recherche des *équations du mouvement d'un fluide sans viscosité*, dans la théorie de la relativité générale et de la gravitation d'Einstein.

3. Le champ de la gravitation étant défini par le ds^2 fondamental

$$ds^2 = \sum_{h=0}^{3} \sum_{j=0}^{3} g_{hj}\, dx_h\, dx_j,$$

soit g le discriminant de cette forme, G la courbure moyenne et

$$\sum_h \sum_j G_{hj}\, dx_h\, dx_j$$

le covariant quadratique utilisé par Einstein. Posons, pour abréger,

$$\rho\sqrt{-g}=\sqrt{\sum_h\sum_j g_{hj}\omega_h\omega_j},\qquad \rho z_h\sqrt{-g}=\sum_j g_{hj}\omega_j,$$

de sorte que ρ est un invariant. Introduisant, avec Einstein, un autre invariant scalaire p, qui jouera le rôle de la *pression*, nous prenons, pour *fonction de Lagrange*, $L=(p-\rho)\sqrt{-g}$. Le principe d'Hamilton a pour expression, k étant une constante absolue,

$$(4)\qquad \delta\int\int\int\int(G\sqrt{-g}+kL)\,dx_0\,dx_1\,dx_2\,dx_3=0.$$

Si la variation δ porte sur le mouvement du fluide seulement, les g_{hj} seront invariables, les $\delta\omega_h$ seront donnés par les formules (3), et la valeur de p qui correspond à chaque particule du fluide ne sera pas altérée. On obtient ainsi les *équations du mouvement*

$$(5)\qquad \sum_{j=0}^{3}\omega_j\left(\frac{\partial z_h}{\partial x_j}-\frac{\partial z_j}{\partial x_h}\right)+z_h\sum_{j=0}^{3}\frac{\partial\omega_j}{\partial x_j}=\sqrt{-g}\,\frac{\partial p}{\partial x_h}\qquad (h=0,1,2,3).$$

Si la variation δ porte sur les g_{hj} seuls, on obtient les *équations du champ*

$$(6)\qquad G_{hj}-\frac{1}{2}g_{hj}G=k(\rho z_h z_j-p\,g_{hj})\qquad (h,j=0,1,2,3).$$

Ce sont celles qu'Einstein pose *a priori*, comme exprimant l'équilibre entre les tenseurs énergétiques de la gravitation et du fluide. La *divergence* du premier étant identiquement nulle, celle du second doit s'annuler; et cela doit donner, d'après Einstein, les équations hydrodynamiques. On retrouve en effet ainsi les équations (5).

Il y a là, au point de vue du calcul des variations, un fait analogue à celui qu'Hilbert a rencontré en appliquant de même le principe d'Hamilton à la recherche des équations de l'Électrodynamique; mais ici la variation des ω_h n'est pas arbitraire, étant conditionnée par l'invariance de l'intégrale (2).

4. Remarquons enfin la combinaison des équations (5) :

$$\rho\sum_j\frac{\partial\omega_j}{\partial x_j}=\sum_h\omega_h\frac{\partial p}{\partial x_h},$$

qui remplace l'équation de continuité. Elle entraîne que, si la masse de chaque particule reste invariable dans le mouvement, il en est de même pour la valeur de p qui lui correspond. On peut donc craindre que les hypothèses faites par Einstein sur la nature du fluide soient trop restrictives.

PHYSIQUE. — *Méthode d'enregistrement graphique au moyen d'un jet gazeux.* Note de M. L. **Lumière**, présentée par M. Carpentier.

L'emploi d'une bande de papier enfumé sur laquelle se déplace un style pour inscrire des variations se rapportant à un phénomène physique ou physiologique présente, comme on le sait, l'inconvénient d'altérer l'exactitude de la courbe par suite du frottement du style sur le papier.

Dans le but d'éviter cette imperfection, j'ai étudié l'emploi d'un jet de gaz réagissant chimiquement sur un papier convenablement préparé. Le style habituellement employé est alors remplacé par un tube de très petit diamètre qui peut être en aluminium ou mieux constitué par une tige creuse d'origine végétale (paille ou chaume de poa) verni ou collodionné extérieurement. Cet organe est terminé par un ajutage très fin recourbé ainsi que le montrent les figures 1 et 2 ci-contre et ne touchant pas le papier destiné à recevoir l'inscription.

Le tube traceur, quelle que soit sa nature, est relié à une soufflerie par l'intermédiaire d'un petit tuyau de caoutchouc qui le chausse au niveau de l'axe d'oscillation. Enfin, on interpose sur le trajet de l'air d'alimentation un barboteur destiné à charger celui-ci de la vapeur ou du gaz actif.

La pression nécessaire étant extrêment faible (quelques millimètres de hauteur d'eau) la réaction dynamique du jet gazeux à la sortie du tube peut être considérée comme négligeable. L'ajutage terminal sera avantageusement situé dans un plan perpendiculaire à l'axe du tube et incliné à 30° environ sur la surface du papier, l'extrémité du bec de l'ajutage étant approchée le plus possible de cette surface, mais sans qu'il y ait contact.

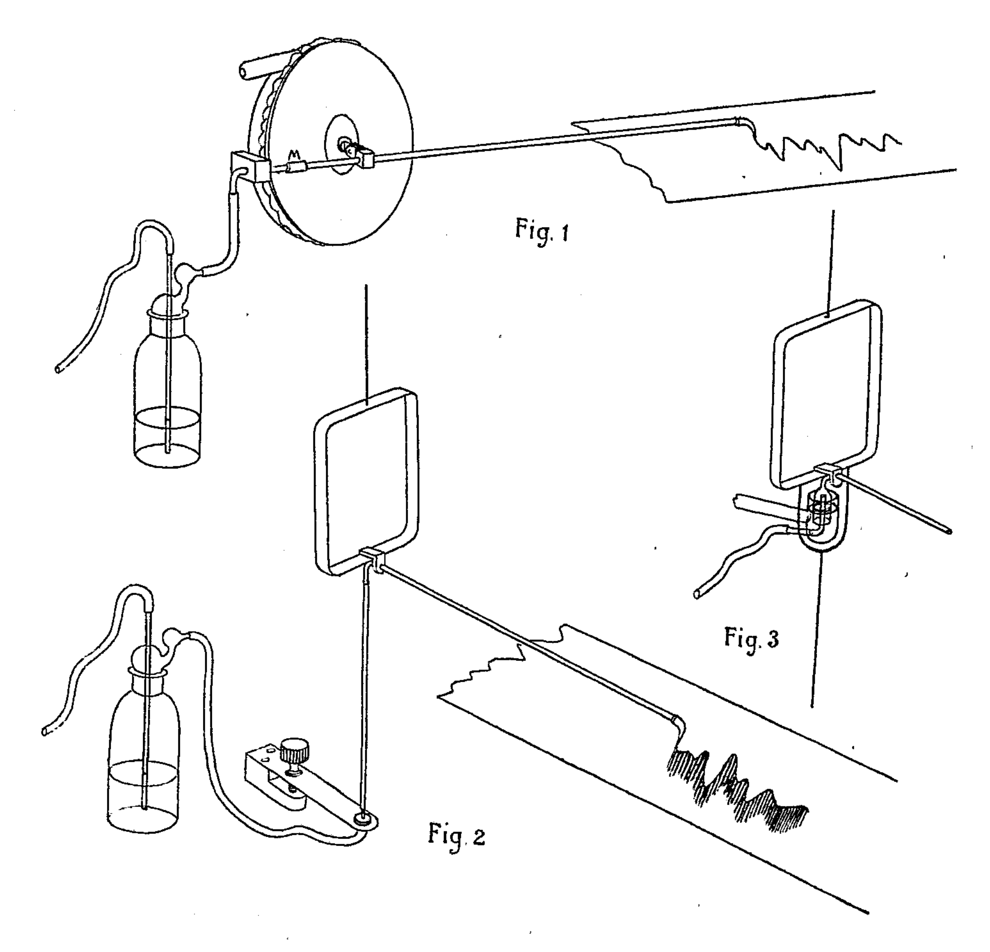
La figure 1 montre l'application du dispositif à un tambour de Marey. On remarquera que le tube oscillant est réuni au support fixe par un petit manchon de caoutchouc mince servant d'articulation.

La figure 2 est relative à l'inscription des oscillations d'un cadre galvanométrique. Celui-ci porte, fixé à sa partie inférieure, un tube d'aluminium ou de verre coudé, sur lequel est monté l'organe inscripteur, et le fil de tension inférieur est remplacé par un tuyau de caoutchouc de section aussi

petite que possible, servant à la fois à amener le gaz au tube traceur et à tendre le fil de suspension en utilisant l'élasticité du caoutchouc.

Enfin la figure 3 représente un dispositif à cloche minuscule et à obturation par un liquide (eau, huile, mercure) supprimant l'influence du tube de caoutchouc de la figure précédente.

Pour réaliser une inscription nette, j'ai tout d'abord employé un jet d'air chargé d'hydrogène sulfuré, le papier étant imprégné d'un sel métallique



convenablement choisi (acétate de plomb par exemple). Mais les inconvénients dus à l'utilisation d'une telle réaction sont évidents : l'hydrogène sulfuré altère rapidement les objets métalliques situés dans le voisinage de l'appareil, et ce gaz est toxique et malodorant.

J'ai donc dû en rejeter l'emploi et, après de nombreuses expériences, j'ai reconnu que l'action du gaz ammoniac sur un sel mercureux convenait parfaitement au but proposé. Le sel paraissant satisfaire le mieux aux conditions requises est l'acétate mercureux.

La préparation du papier peut être réalisée comme suit: On imprègne la surface du papier couché avec une solution à 10 pour 100 de nitrate mercureux contenant l'excès minimum possible d'acide nitrique nécessaire à l'obtention d'une solution limpide. Après dessiccation, on procède à une deuxième imprégnation avec une solution d'acétate de soude au même titre et on laisse finalement sécher.

Pour utiliser le papier ainsi préparé, il ne reste plus qu'à l'humidifier immédiatement avant son passage sous le jet inscripteur, ce que l'on obtient facilement par un laminage entre deux cylindres dont l'un est recouvert d'un tissu maintenu mouillé.

Suivant la vitesse et la teneur en réactif du jet d'air chargé de gaz ammoniac, on obtiendra soit un tracé filiforme (*fig.* 1), soit deux plages dont l'une reste blanche et l'autre devient noire (*fig.* 2), ces deux plages ayant pour limite commune la courbe tracée par les déplacements de l'ajutage.

L'inertie du système étant très faible, il semble que cette méthode puisse être utilisée à l'inscription des télégrammes transmis par câbles sous-marins.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de l'isatine.* Note de M. **André Meyer**, présentée par M. Haller.

Knorr (¹) a obtenu par oxydation ménagée de l'aminophénylméthylpyrazolone un composé rouge foncé qu'il a désigné sous le nom d'*acide rubazonique*, et qui joue dans la série du pyrazol un rôle analogue à celui de l'acide purpurique dans la série urique. J'ai fait connaître une série d'acides rubazoniques mixtes dérivant de la phénylisoxazolone (²). Mais il ne m'a été possible, à cause de l'instabilité du produit, d'isoler l'acide rubazonique symétrique résultant de l'oxydation de l'aminophénylisoxazolone.

(¹) *Ann.*, t. 238, 1887, p. 192.

(²) André Meyer, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1677, et *Thèses de doctorat*, 1913; *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. 15, 1914, p. 609.

Je m'étais proposé de rechercher s'il était possible d'obtenir des acides rubazoniques avec d'autres composés hétérocycliques intéressants. En effet, Bæyer et Knop, en 1866, dans leur belle synthèse de l'isatine par réduction de l'isonitroso-oxindol et oxydation ultérieure de l'*amino-oxindol* (1), ont observé la production intermédiaire d'une belle coloration rouge fuchsine, à reflets verdâtres.

En 1883, Bæyer et Homolka (2), en réduisant le *nitroso-γ-oxycarbostyrile* ou *quinisatoxime*, signalent la formation, par oxydation à l'air du produit de réduction, d'un précipité bleu indigo foncé.

J'ai repris l'étude de ces réactions afin d'essayer de connaître la nature de ces produits.

L'*isatoxime* a été réduite par l'étain et l'acide chlorhydrique concentré, puis, lorsque la solution est complètement décolorée, on filtre et l'on évapore la solution à basse température pour chasser l'acide chlorhydrique en excès. On obtient le chlorostannate d'amino-oxindol cristallisé en feuillets incolores, qu'on purifie par cristallisation dans l'acide chlorhydrique dilué. Ce chlorostannate, décomposé par l'hydrogène sulfuré, fournit une solution de chlorhydrate d'amino-oxindol, solution qui rosit à l'air très facilement et d'où l'on peut isoler le chlorhydrate par concentration dans le vide. On titre l'acidité de cette solution et l'on y ajoute la quantité d'alcali nécessaire pour mettre l'amine en liberté; on oxyde alors par le ferricyanure de potassium en solution diluée, en quantité calculée. On observe alors la production d'une matière colorante rouge intense, puis d'un précipité rouge en petite quantité. Ce corps présente une solubilité assez faible dans les solvants organiques usuels; le rendement est assez médiocre, car une assez grande quantité d'amino-oxindol se trouve transformée en isatine. L'oxydation de l'amino-oxindol a lieu également, mais plus lentement, sous l'influence de l'oxygène.

Le composé rouge ainsi préparé, dont la purification est très délicate, donne par réduction à l'hydrosulfite de sodium en milieu fortement alcalin, et à chaud, une solution jaune, mais ne teint pas à la cuve. Il est soluble en rouge dans l'acide sulfurique, et par dilution, il y a décomposition et production d'une coloration jaune. Les alcalis caustiques concentrés le dissolvent en violet foncé. J'ai obtenu plus facilement un corps, qui paraît être le sel de zinc de ce produit, en opérant la réduction de l'isatoxime par le zinc et l'acide acétique.

On chauffe l'isatoxime avec de l'acide acétique concentré; et l'on ajoute de la grenaille de zinc. Il se produit une vive ébullition et l'on constate une coloration rouge foncé à reflets verdâtres. Au bout de quelques instants, on décante la solution et, par

(1) Bæyer et Knop, *Ann.*, t. 140, p. 37.

(2) Bæyer et Homolka, *Berichte*, t. 16, p. 2219; Homolka, *Dissert.* Erlangen, 1884.

refroidissement, il se précipite de belles paillettes rouge foncé. On purifie le corps par lavage à l'acide acétique dilué, puis à l'eau, et on le fait recristalliser dans l'alcool ou dans l'acide acétique où il est peu soluble. L'analyse lui assigne la formule

$$C^{16}H^{8}O^{2}N^{2}Zn,$$

c'est-à-dire celle d'un sel de zinc d'un isomère de l'indigo, $C^{16}H^{10}O^{2}N^{2}$. Ce corps donne, avec l'acide sulfurique concentré, une coloration violette et s'y dissout en orangé rouge; mais si l'on dilue la solution et qu'on chauffe légèrement, il y a hydrolyse et production d'une liqueur jaune. HCl produit le même dédoublement; insoluble dans l'eau, il est peu soluble dans l'alcool et l'acide acétique. L'hydrosulfite en milieu alcalin à chaud le dissout en donnant une liqueur jaune, mais sans former de cuve.

Ces caractères permettent de supposer qu'il s'agit ici de l'*indine* de Laurent [1], lequel est probablement identique à l'iso-indigotine de Wahl et Bagard [2], hypothèse que j'ai émise verbalement au Congrès du Havre [3], et en faveur de laquelle Léon Lefèvre a développé d'excellents arguments [4]. Les circonstances ne m'ont pas permis jusqu'ici de la vérifier.

J'ai préparé quelques acides rubazoniques mixtes de la série de l'isatine, en condensant, en milieu alcoolique, l'amino-antipyrine avec l'*isatine*, la 5-*bromisatine*, la 5.7-*dibromisatine* et la *naphtisatine*.

Ce sont des composés orangé foncé ou rouges, solubles en violet foncé dans l'acide sulfurique concentré, hydrolysables par les acides dilués et chauds, en donnant des solutions jaunes, insolubles dans l'eau, assez solubles dans l'alcool, le chloroforme ou les solvants organiques. La constitution de ces composés est du type général

```
CH³—C═══C — N = C———/\
     |   |        |  |X |
CH³.N\  /CO       |  |  |
      \/           \/ \/
    N — C⁶H⁵        NH
```

X représentant les noyaux benzéniques substitués ou naphtalique.

(1) LAURENT, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. 3, 1841, p. 471; *Comptes rendus de Chimie*, 5e année, 1849, p. 193 et 196.

(2) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 5, 1909, p. 1039.

(3) *Association pour l'avancement des Sciences : Congrès du Havre*, séance du 29 juillet 1914, Compte rendu, 1915, p. 90.

(4) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 19, 1916, p. 111.

Enfin, il y a lieu d'ajouter que l'amino-oxindol $C^6H^4\left\langle \begin{matrix} CH - NH^2 \\ NH \end{matrix} \right\rangle CO$ n'est pas susceptible d'être diazoté, et se comporte ainsi comme une benzylamine substituée et non comme une amine hétérocyclique, analogue par exemple à l'amino-antipyrine. L'amino-oxindol se condense également avec les aldéhydes aromatiques : ainsi avec la diméthylaminobenzaldéhyde, on obtient un produit de condensation orangé.

MINÉRALOGIE. — *Sur la coloration artificielle des cristaux liquides.* Note de M. **Paul Gaubert**.

Les cristaux liquides de quelques substances ont bien été colorés artificiellement par O. Lehmann (¹) et par moi-même (²), mais les méthodes de coloration employées ont une application tout à fait restreinte et les cristaux colorés se prêtent mal à l'étude. Il n'en est pas de même si l'on emploie comme matière colorante l'indophénol (³) qui permet, non seulement de colorer les cristaux liquides, mais aussi les cristaux solides d'un grand nombre de substances organiques obtenues par solidification d'une masse fondue.

La présence de l'indophénol dans les substances fondues abaisse le point de solidification de ces dernières et comme la matière colorante se trouve, dans mes expériences, en petite quantité par rapport au solvant, la loi de Raoult est applicable. Avec les substances donnant plusieurs phases liquides biréfringentes, tous les points de fusion ou de transformation sont abaissés. On peut facilement constater par l'intensité de la coloration que, pour une substance déterminée, il existe un coefficient de solubilité particulier à chaque phase, et d'autant plus faible que le volume moléculaire est plus petit.

Cristaux liquides optiquement négatifs. — Les éthers-sels de la cholestérine (benzoate, propionate, acétate, etc.), à l'état liquide isotrope, dissolvent l'indophénol en se colorant en rouge violacé. Quand, par suite du refroidis-

(¹) O. Lehmann, *Ann. d. Physik*, 4e série, t. 8, 1902, p. 908.

(²) P. Gaubert, *Bull. de la Soc. fr. de Minéralogie*, t. 32, 1909, p. 76.

(³) C'est l'indophénol correspondant à l'α-naphtol qui a servi à mes expériences. Il fond vers 148°. Les autres indophénols doivent donner aussi des résultats.

sement, la phase liquide anisotrope se produit et que les particules cristallines se sont orientées perpendiculairement à la lame, la préparation, observée en lumière naturelle, prend une teinte plus foncée, comme si la quantité de matière colorante était augmentée. Cette modification de la teinte est due à ce que l'absorption de la lumière par le liquide cristallin est plus grande selon l'axe optique que suivent les autres directions. Le phénomène d'absorption est le même que dans un cristal de tourmaline et est par conséquent régi par la règle de Babinet. Un fait semblable est observé avec le cyanbenzalaminocinnamate d'amyle actif, mais le changement de coloration est encore plus accentué puisque, d'après mes recherches sur les cristaux solides, le polychroïsme est d'autant plus intense que la biréfringence est plus élevée [1] et que ce corps est beaucoup plus biréfringent ($\omega - \varepsilon = 0,109$ à 100° pour la raie D) que le propionate de cholestérine ($\omega - \varepsilon = 0,0177$). Cette règle est encore démontrée par le fait que lorsque la préparation se refroidit, le polychroïsme augmente, ce qui coïncide avec une élévation de la biréfringence.

Dans les plages perpendiculaires à l'axe optique se trouvent parfois des bandes et des filaments biréfringents dont les particules cristallines sont parallèles à la lame de verre (stries et bandes huileuses de O. Lehmann). Ces formations sont polychroïques et ont l'avantage de ne pas présenter de teintes épipoliques. Alors que suivant n_p, elles sont incolores, suivant n_g leur coloration est rouge violacé et de même intensité que celles des plages perpendiculaires à l'axe optique, de telle sorte qu'une orientation convenable du nicol rend ces bandes invisibles.

Les cristaux solides de propionate, de benzoate, d'acétate se colorent en bleu et deviennent polychroïques.

Cristaux liquides optiquement positifs. — L'anisalaminocinnamate d'éthyle fournit des résultats intéressants, à cause des deux phases liquides biréfringentes qu'il présente. Le liquide isotrope coloré passe par refroidissement à la phase liquide dont les particules s'orientent immédiatement perpendiculairement à la lame. Contrairement à ce qui se passe avec les cristaux négatifs, la couleur devient plus pâle que celle du liquide isotrope. Par conséquent, le mode d'absorption suit encore la règle de Babinet, puisque le maximum d'absorption a lieu suivant n_g. A cette phase en succède une autre montrant des cristaux allongés, à angles arrondis, couchés suivant

(1) P. GAUBERT, *Comptes rendus*, t. 149, 1909, p 1004.

l'axe optique et montrant un polychroïsme intense (la biréfringence est en effet très élevée ($\varepsilon - \omega = 0,46$). Alors qu'ils sont incolores suivant n_p, ils montrent une belle coloration bleue suivant n_g.

Ces derniers cristaux conservent parfois leur forme en passant à la phase solide. La couleur bleue passe au rouge violacé et le polychroïsme persiste. La coloration semble être due aux particules cristallines d'indophénol régulièrement orientées sur les cristaux solides d'anisalaminocinnamate d'éthyle. Il s'agit de cristaux mixtes.

Le caprinate de cholestérine, donnant une phase liquide optiquement négative et une phase positive, montre les caractères des deux sortes de cristaux qui viennent d'être décrits. Ce corps permet de constater facilement que pour la même quantité de matière colorante dissoute, le polychroïsme dépend et du signe optique et de la biréfringence (phase négative $\omega - \varepsilon = 0,08$, phase positive $\varepsilon - \omega = 0,056$).

L'étude des gouttes liquides anisotropes colorées artificiellement de *p*-azoxyanisol, d'anisaldasine montrent que les caractères du polychroïsme sont ceux des corps purs, mais qu'ils sont très fortement accentués.

Les cristaux liquides optiquement positifs, que j'ai obtenus en combinant la cholestérine avec l'acide glycolique, la glycérine, etc., ne se colorent pas avec l'indophénol, bien que le liquide isotrope dissolve la matière colorante. Dès que les cristaux liquides se produisent, cette dernière est expulsée.

Il résulte de ces recherches que la coloration artificielle des cristaux liquides, par suite des divers états sous lesquels se présente le même corps, fournit des résultats intéressants relativement à la règle de Babinet et à l'influence de la biréfringence sur le polychroïsme. Ces résultats sont conformes à ceux que j'ai obtenus avec les cristaux que j'ai étudiés et que j'ai appelés solutions solides [1] et dont les propriétés sont différentes de celles des cristaux mixtes.

---

[1] P. Gaubert, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 491.

GÉOLOGIE. — *Le volcan du Sancy. Ses volcans secondaires et ses laves.* Note (¹) de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. Pierre Termier.

Le volcan du Sancy, édifié sur un territoire archéo-granitique fracturé, offre une grande complexité géologique et constitue le plus considérable des trois centres principaux du massif volcanique des Monts Dore. D'une altitude primitive d'environ 2500^m, et seulement d'une hauteur propre de 1600^m, il mesurait près de 80^{km} à la base et couvrait une surface de plus de 500^{km^2}, correspondant à trois fois et demie celle du Vésuve. La masse volcanique, décapitée de ses cônes éruptifs par les glaciers, l'érosion aqueuse et éolienne, est creusée aujourd'hui de profondes vallées radiales (vallée de la Dordogne, de Chaudefour, de Neuffond, de la Tarentaine, de la Rhue, etc.) qui atteignent et dépassent à la périphérie le socle volcanique, permettant par suite de connaître une notable partie des éruptions de ce grand volcan; mais la base de la région centrale reste inconnue sur plus de 300^m de hauteur.

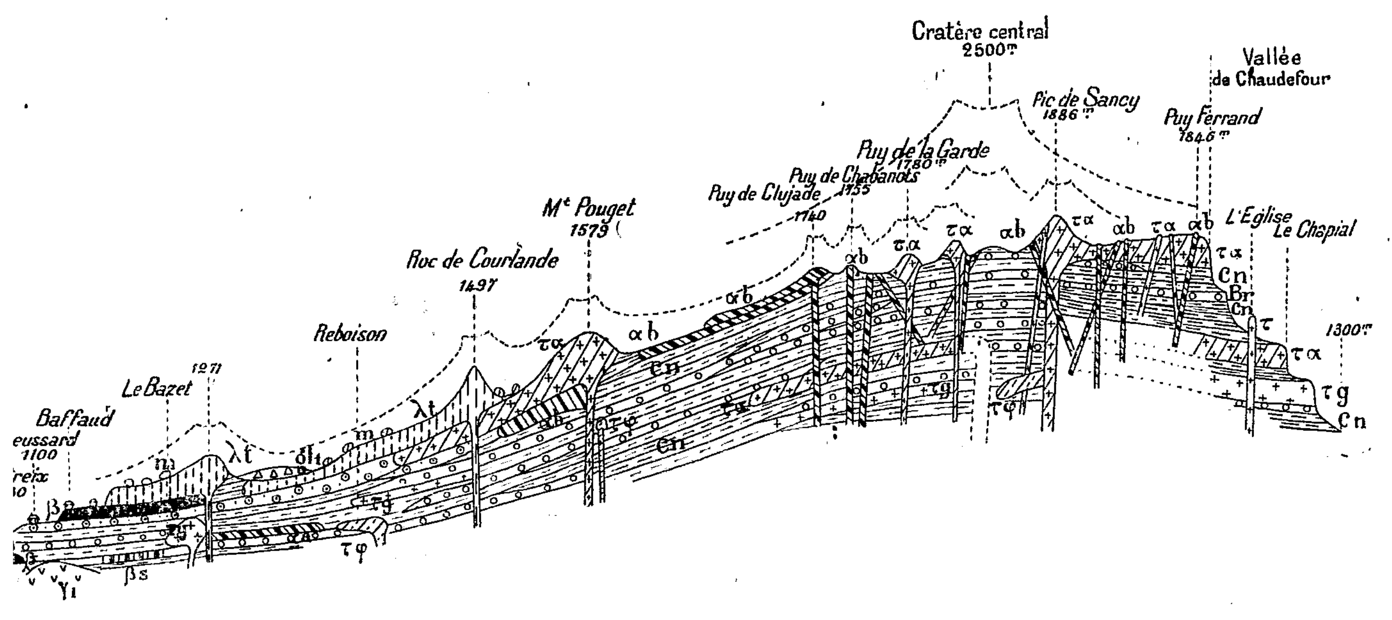
L'activité volcanique débuta sur ce territoire par des *éruptions variées disséminées* sur tout l'emplacement du volcan (qui s'étendirent ailleurs, bien au delà, vers la Banne d'Ordanche, l'Aiguiller, le Cézallier et le Cantal), puis se concentra dans un *cône central,* recouvert bientôt de *nombreux volcans secondaires* (plus de 60) qui s'édifièrent successivement à sa surface, à la manière de ceux qui parsèment les flancs de l'Etna. Ces volcans furent, ou indépendants du cône central, ou en relation plus ou moins directe avec lui. Ces appareils présentèrent un dynamisme variable (vulcanien, strombolien ou péléen) et des cendres seules, des cendres avec blocs, des brèches, des nuées ardentes, des coulées de lave, etc. Il y eut aussi des coulées boueuses, qui s'étendirent très loin (20^{km} à 25^{km} à La Rodde). Par places et durant les intervalles de repos, se formèrent des lacs temporaires, dans lesquels se déposèrent des lignites (la Biche, la Reine) et des couches à diatomées.

Le cratère central n'était pas au Sancy, mais un peu plus loin à l'Ouest, vers le Grand Aiguiller, où les projections sont horizontales. Le *Sancy*, qui constitue actuellement le point le plus élevé du Massif (1886^m) représente le culot cratérique d'un volcan secondaire qui a émis une épaisse

(¹) Séance du 23 décembre 1918.

coulée de trachy-andésite à grands cristaux de sanidine (coulée de plus de 100^{m} d'épaisseur) constituant le *Puy-Ferrand*, traversée, comme le culot lui-même, par plusieurs filons de trachy-andésite, d'andésite à olivine et par une fumerole (soufre, alunite et tridymite). Ce volcan secondaire avait

Section radiale dans le secteur sud-ouest du volcan du Sancy.



γ_1, granite; τ, trachyte; $\tau\varphi$, trachyte phonolitique; $\tau\alpha$, trachyandésite; αa, andésite augitique à augite: αb, andésite à olivine; λt, labradorite téphritique; β, basalte; βs, basanite; Cn, cinérite; Br, brèches; N, nuées ardentes et coulées boueuses; gl_1, moraine glaciaire; m, blocs erratiques.

fourni antérieurement des coulées épaisses de trachyte grenu et de trachy-andésite affleurant dans la vallée de Chaudefour, et une coulée d'andésite à olivine, dans le cirque Nord.

Parmi les autres volcans secondaires les plus importants, citons : 1° dans le secteur Nord-Est, le *Pan de la Grange; Cacadogne*, dont le sommet offre encore un reste de cône de scories culminant, sur 400^{m} de haut, 7 coulées de trachyte grenu, de basalte, d'andési-labradorite et d'andésite à olivine; le *Puy des Crebasses*, qui a d'abord émis 6 coulées de trachyte-phonolite à haüyne, d'andésite et des nuées ardentes recouvertes par une longue et puissante coulée (150^{m} d'épaisseur) constituant le rebord nord de la vallée de Chaudefour; *Cuzeau*, un des plus grands volcans secondaires, qui a

fourni des coulées de trachy-andésite, trachyte, labradorite et andésite à olivine dominant le Mont-Dore.

2° Dans le secteur Est et Sud-Est, les *Puys Gros*, *de la Perdrix*, de la *Platte*, *Palleret*, *Chambourguet*, *Costapain*, *Serveix*, des *Prêtres*, les *Monts Majorix*, *Coendoux*, *Bert*, ont fourni des laves variées s'étendant vers Besse, le lac Pavin et Égliseneuve.

3° Dans le secteur Sud-Ouest, le *Puy des Chabanots* mérite une mention spéciale, car il a émis à l'Ouest au moins 9 séries de coulées (trachytes-phonolites, andésites, et basaltes), dont une seule était connue; le *Mont Pouget*, le *Roc de Courlande*, et le *volcan* 1271 ont donné des trachytes-phonolites, des andésites, des trachy-andésites (voir coupe) et, d'après M. A. Lacroix, des labradorites téphritiques.

Les laves de *Chambourguet*, de Latour d'Auvergne, sont des trachytes-phonolites à haüyne (une grande coulée), des andésites, des andési-labradorites et, d'après M. A. Lacroix, des basanites.

4° Le secteur Nord-Ouest comprend le *Puy de la Garde* constitué par une coulée-dôme de trachy-andésite, de nombreux et pittoresques filons de trachy-andésite et andésite (ravins de la *Cour* de l'*Enfer*); le *Capucin* le *Puy de Cliergue*, et des volcans voisins, qui ont fourni des trachytes, andésites et basaltes. La *colline de Bozat* est constituée par la plus épaisse coulée des Monts-Dore (coulée de trachy-andésite, 200^{m}) enveloppant le plus grand dôme de trachyte-phonolite à haüyne de cette même région. Je signalerai enfin la *Roche Vendeix* (andési-labradorite) et les larges coulées jumelles de trachy-andésite de Charlannes et de Charbonnière.

Les types pétrographiques les plus répandus dans le volcan du Sancy sont : les *trachytes*, les *trachy-andésites* et les *andésites*, qui forment l'ossature de l'édifice; les basaltes ou les *labradorites* n'apparaissent guère qu'à la périphérie et vers le Sud et le Sud-Ouest. Cependant la *série éruptive microlitique* de ce volcan, contrairement à ce qu'on pensait, est aussi variée que celle du volcan de la Banne d'Ordanche, puisqu'on y observe en outre : des *rhyolites* (dôme de 100^{m}) sous Rigollet et plusieurs niveaux de brèches, de ponces, des *domites*, des *trachytes-phonolites* dont j'ai relevé 10 dômes ou coulées, des *ordanchites*, des *trachytes à arfvedsonite* (bostonites, M. A. Lacroix) à la Bourboule, des *andési-labradorites* (Puy des Prêtres, Roche Vendeix, etc.), des *basaltes téphritiques* (basaltes demi-deuil auct.) que j'ai découverts à Courtilles et des *basanites* (Chambourguet, M. A. Lacroix) qui apparaissent aussi en beaucoup d'autres points (Pichérande, Roussat, etc.). Les laves basiques sont remarquables par leur richesse en minéraux titanifères.

BOTANIQUE. — *Utilisation de la courbe des limites de la germination des graines après séjour dans les solutions.* Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Si l'on immerge des graines de *Lepidium sativum* dans des solutions alcooliques disposées en série où les termes varient de l'alcool absolu jusqu'à une grande dilution, et si on les en retire successivement, on constate que, pour chaque dilution, il y a une limite de temps d'immersion au-dessous de laquelle ces graines germent encore, et au-dessus de laquelle elles ne germent plus. En représentant les limites par un système de coordonnées rectangulaires avec les dilutions pour abscisses et les temps pour ordonnées, on obtient des points qui, reliés entre eux, forment la courbe des limites de germination par rapport au temps et à la dilution. D'autres facteurs pourraient être envisagés, par exemple la température qui, comme je l'ai déjà montré (1), intervient pour décaler ces limites; mais, pour le moment, je m'en tiendrai aux deux premiers facteurs et à la courbe qu'ils fournissent.

Cette courbe est très intéressante parce qu'elle n'atteint pas l'axe des x et se montre concave vers le haut. Elle coupe l'axe des y en un point A, descend assez rapidement, s'étale autour d'un point B où elle est tangente à une parallèle à l'axe des x, puis se relève assez rapidement encore pour se terminer en un point C correspondant à un temps assez difficile à préciser et à une dilution-limite D_l telle que les graines germent dans les solutions alcooliques elles-mêmes au-dessus, et ne germent plus au-dessous.

Voici pour les points critiques A, B, C, à titre d'exemples seulement puisque d'autres facteurs peuvent décaler les limites, les coordonnées du temps t et de la concentration n pour 100 ou de la dilution $D = \frac{100}{n} - 1$ (2), exprimant le rapport entre la quantité d'eau et la quantité d'alcool pur qui se trouve dans 100 parties de solution, ces valeurs n pour 100 et D donnant des courbes inégalement étalées.

---

(1) Pierre Lesage, *Sur les points critiques de la courbe des limites de germination des graines de Cresson alénois après séjour dans les solutions alcooliques* (*Bull. Soc. sc. et méd. de l'Ouest*, 3 juillet 1914).

(2) Pierre Lesage, *Sur les limites de la germination des graines soumises à l'action de solutions diverses* (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 826).

	Coordonnées pour		
	A.	B.	C.
t	4 ans	3 heures	40 jours
n	100°	31°,5	2°,35
$D = \frac{100}{n} - 1$	0	2,17	41,5

La connaissance de cette courbe présente plusieurs avantages par les renseignements qu'on en peut tirer et par les expériences qu'elle a suggérées ou qu'elle peut suggérer en vue d'obtenir des résultats utiles. Je me propose de citer quelques-uns de ces renseignements et certaines des expériences qui ont été faites ou méritent de l'être.

Elle permet de répondre, par exemple, aux questions suivantes :

On a des graines dans une solution à n pour 100, combien de temps pourra-t-on les y garder vivantes?

On veut conserver des graines vivantes pendant un certain temps et dans une solution, quelle concentration pourra-t-on employer?

L'ordonnée du point A, 4 ans, nous montre que l'alcool absolu n'est pas sans action sur les graines puisqu'il réduit la durée ordinaire de la faculté germinative, durée qui peut aller de 5 à 10 ans, 5 ans durée pratique, 10 ans durée physiologique (¹) puisque, sur 10 graines de 1908, 3 ont encore sorti 5^{mm} à 12^{mm} de racine en septembre 1918. Il est vrai que, comme le dit Giglioli (²), ce n'est plus de l'alcool rigoureusement absolu parce qu'il doit avoir absorbé un peu de l'eau des graines, fait que j'ai vérifié de très bonne heure par des pesées successives.

En cherchant la dilution limite D_l pour les solutions de divers électrolytes, j'ai trouvé, correspondant à cette limite, des concentrations dont les valeurs, exprimées en molécule-grammes, indiqueraient, avec une certaine approximation, le degré de dissociation de ces électrolytes en solutions étendues (³), de telle sorte qu'on pourrait peut-être, avec cer-

(¹) Pierre Lesage, *Durée de la faculté germinative. Durée pratique, durée physiologique* (*Bull. Soc. sc. et méd. de l'Ouest*, 7 décembre 1917).

(²) Italo Giglioli, *Latent vitality in Seeds* (*Nature*, vol. 52, 1895, p. 544).

(³) Pierre Lesage, *Germination comparée des graines de* Lepidium sativum *dans les solutions de glycérine et de* NaCl (*Bull. Soc. sc. et méd. de l'Ouest*, 8 décembre 1916); *Germination des graines de* Lepidium sativum *dans les solutions d'électrolytes* (*Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 119); *Germination des graines dans les solutions saturées* (*Ibid.*, t. 164, 1917, p. 639).

taines petites graines comme celles du cresson alénois, en tirer un moyen de mesurer ou, au moins, de contrôler cette dissociation dans certains cas.

Des essais comparés avec les graines d'autres plantes, telles que celles de luzerne, de trèfle, m'ont fourni, comme celles du cresson alénois, des courbes de forme comparable, mais non superposables, présentant des écarts assez appréciables. Devant ces faits, l'idée d'élimination, de stérilisation se présente à l'esprit pour les divers germes aussi bien les graines que les spores ou œufs des organismes inférieurs qui accompagnent toujours plus ou moins ces graines. Si l'on connaissait les courbes des limites de germination de ces germes après séjour dans les solutions, on en tirerait la connaissance des germes les moins résistants à ces solutions, les moyens de les éliminer et la stérilisation des graines qu'on veut sélectionner.

Traduisons cela par des faits en prenant un exemple dans la comparaison des courbes connues du cresson alénois et de la luzerne. On y voit que, pour la solution alcoolique à 78°, la limite de temps est 1 jour pour la première plante, tandis qu'elle dépasse 8 jours pour la seconde; donc, si l'on met un mélange de ces graines dans la solution à 78°, les graines de cresson alénois seront tuées rapidement, alors que celles de luzerne auront encore conservé leur vitalité. On éliminera les graines de cresson alénois par cette opération pour la réussite certaine de laquelle on dispose de 2 à 8 jours au moins.

Qu'on ait la courbe des limites pour la Cuscute, et ce n'est pas impossible de l'avoir, on verra, par comparaison avec les courbes d'autres graines, si l'on peut, par ce procédé, éliminer ce parasite dans un mélange de graines de même grosseur et difficilement séparables par le criblage.

L'emploi de l'alcool serait coûteux, mais les solutions salines, et plus particulièrement celles de chlorure de sodium, pourraient être avantageusement essayées, puis utilisées, puisqu'elles m'ont encore donné une courbe de même forme avec le cresson alénois (¹).

Par tout ce qui vient d'être dit, on voit que les graines peuvent conserver leur vitalité plus ou moins longtemps dans des milieux qu'on est porté, à première vue, à considérer comme mortels; mais il n'y a pas que les graines intactes qui peuvent conserver leur vitalité pendant quelque temps, dans

(¹) Pierre Lesage, *Sur la courbe des limites de la germination des graines après séjour dans les solutions salines* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 559).

certaines solutions alcooliques. En effet, des graines ayant germé pendant 1, 2 et même 3 jours, mises ensuite en solutions alcooliques, puis retirées et placées sur eau de source, on voit les embryons reprendre à s'accroître dans certains cas qui dépendent du temps de séjour dans les solutions et de la concentration de celles-ci (1). Certaines boutures peuvent rester dans l'alcool à 94° pendant plusieurs heures, 2, 6, 12 et même 24 heures, et reprendre leur vie active.

PHYSIOLOGIE. — *Emploi des algues marines pour l'alimentation des chevaux.* Note (2) de M. **Louis Lapicque**, présentée par M. Yves Delage.

Les algues marines de nos côtes, surtout en Bretagne, sont assez activement recherchées par les riverains; mais elles sont brûlées pour extraire de leurs cendres l'iode et la potasse; ou bien elles sont employées directement comme engrais; outre leurs matières minérales, leur azote se trouve alors utilisé. Mais, d'une façon comme de l'autre, l'énergie potentielle de leur matière organique se trouve gaspillée.

Au cours de l'année dernière, en présence de la disette de fourrages et surtout d'avoine, M. l'Intendant militaire Adrian s'efforça de tirer parti de cette matière organique pour l'alimentation de nos chevaux de guerre. Les essais montrèrent qu'on pouvait, non seulement sans inconvénient, mais peut-être avec avantage remplacer, dans la ration journalière du cheval, 500^g à 1000^g d'avoine par un même poids d'algues (Laminaires) lavées et séchées (3).

Je fus alors chargé, par la Direction des Inventions, à laquelle appartenait aussi M. Adrian, de poursuivre l'étude physiologique de cette question. J'ai comme collaborateurs M. Barbé, chimiste du Service, et le lieutenant Powick, de l'armée américaine.

Nous avons d'abord repris les préparations employées par M. Adrian, pour préciser : 1° leur digestibilité; 2° leur valeur alimentaire; 3° leur innocuité. Il s'agissait de Laminaires (*L. flexicaulis* presque exclusivement) préalablement séchées, puis abondamment lavées avec addition soit d'un

(1) Pierre Lesage, *Reprise de la vie active après séjour dans les solutions alcooliques* (*Bull. Soc. sc. et méd. de l'Ouest*, 13 décembre 1918).

(2) Séance du 23 décembre 1918.

(3) Adrian, *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 54.

peu de chaux, soit d'un peu d'acide, procédés bien connus, pour empêcher la transformation en mucilage par l'eau; les deux procédés donnent à peu près le même produit, avec une proportion de cendres très élevée, près de $\frac{1}{5}$ de la substance sèche.

1. Des algues lavées à la chaux, ingérées en menus fragments à la dose de 1^{kg} par jour, semblèrent d'abord complètement indigestibles. Après le temps nécessaire pour parcourir le tube digestif du cheval, 2 à 3 jours, elles se retrouvèrent dans le crottin, sans altération ni diminution appréciables; mais à partir du jour suivant elles perdirent peu à peu leur consistance, se réduisirent à de vagues grumeaux mucilagineux, et disparurent totalement dans le crottin correspondant au 6e jour du régime.

Des algues lavées à l'acide, après avoir réapparu de même dans le crottin, disparurent plus rapidement; mais il s'agissait des mêmes chevaux que ci-dessus, après une interruption relativement courte du régime d'algues.

En résumé, la digestibilité est excellente, peut-être 100 pour 100, après une rapide adaptation.

2. Sur des chevaux au repos (1 heure de promenade haut-le-pied) réglés à l'entretien strict, on peut remplacer la totalité de l'avoine par des algues.

Avec un travail léger, 2 heures de traction de tombereau sur route pavée, l'équilibre nutritif a été obtenu avec 1500^g d'algues et 500^g d'avoine (outre foin et paille); il ne l'a plus été en remplaçant l'avoine restante par son poids de marc de pommes.

Il est bien connu que les équivalences alimentaires ne sont pas les mêmes pour l'entretien simple ou pour le travail. Or c'est comme aliment de travail que l'avoine est précieuse; au repos, elle peut être remplacée par le simple foin, ou par le marc de pommes. Le cas de ce dernier *succédané*, résidu cellulosique d'un fruit privé de ses matières sucrées, est caractéristique. L'aliment physiologique du travail musculaire, c'est essentiellement le glucose : l'avoine en fournit par son amidon; il n'apparaît pas que les préparations considérées puissent être assimilées à cette céréale.

3. Ces préparations, d'autre part, présentent une minéralisation excessive. L'urine des sujets qui les consomment renferme un dépôt extraordinairement abondant de carbonate de chaux; elle contient aussi de l'iode, jusqu'à 1^g par jour. J'ai essayé vainement de diminuer cette teneur minérale par de nouveaux lavages, même fortement acides; ces matières minérales font

partie des tissus et ne s'en vont qu'avec la matière organique à laquelle elles sont liées.

Néanmoins, je n'ai constaté aucun accident par l'emploi de ces préparations, même prolongé, à la dose de 2^{kg} et $2^{kg},5$ par jour. Un cheval de 400^{kg} en a absorbé 140^{kg} en 96 jours sans inconvénient visible.

Leur innocuité, au moins à ces doses, est donc certaine (1).

Au mois de juillet, M. le Directeur des Inventions voulut bien m'envoyer en mission au bord de la mer, pour reprendre le problème à sa source.

Mon attention fut aussitôt rappelée sur l'excrétion de matières sucrées qui s'établit dès que les Laminaires sont hors de l'eau et donne naissance peu à peu à des efflorescences remarquables. Pour la préparation de l'algue-aliment, je me préoccupai de perdre le moins possible de ces matières. Le lavage étant indispensable pour enlever les sels hygrométriques, il était indiqué d'essayer des lavages courts sur plantes aussi fraîches que possible, de façon à utiliser la différence des vitesses de diffusion entre les sels et les hydrates de carbone solubles. Le procédé suivant m'a donné des résultats inespérés :

Laminaria flexicaulis, fraîchement cueillie (août et septembre), plongée un quart d'heure dans un lait de chaux léger (4^g à 5^g de CaO par litre) puis rincée un quart d'heure à l'eau douce et séchée à l'air, cesse d'être hygrométrique et se conserve comme du foin.

Ayant fait construire un bassin cimenté à l'embouchure d'un petit ruisseau, j'ai pu, avec le concours d'un bateau goëmonier, la préparer ainsi par quintaux et en rapporter une cargaison au laboratoire. L'humidité de cette préparation reste fixée entre 15 et 18 pour 100, elle ne contient que 10 à 12 pour 100 de cendres; enfin et surtout les $\frac{2}{5}$ de sa matière sèche sont constitués par un hydrate de carbone soluble que l'hydrolyse transforme totalement en glucose. Cet hydrate de carbone est la *laminarine* de Schmiedeberg, dont l'étude a été récemment reprise dans un très important travail du botaniste suédois Kylin (2).

La question de la valeur alimentaire des algues se trouve changée du tout au tout. Les lavages prolongés et laborieux des produits qui m'avaient

(1) Je n'ai eu d'accidents que sur les chevaux qui avaient consommé du *Fucus serratus*.

(2) *Unters. über die Biochemie der Meeresalgen* (*Zeitschrift für physiologische Chemie*, t. 83, 1913, p. 171, et t. 94, 1915, p. 337.

d'abord été fournis pour essaïs enlevaient la substance la plus nutritive et ramenaient l'algue au même état que le marc de pommes. On n'y trouve plus que 3 pour 100 de sucre soluble au lieu de 40 pour 100 et davantage.

Les matériaux rapportés au laboratoire y sont l'objet d'une étude chimique et physiologique. Je me propose aussi de suivre les variations saisonnières, qui s'annoncent comme très importantes, et de comparer les différentes espèces d'algues. Dès maintenant *L. flexicaulis* peut être proclamée la meilleure espèce. Elle aurait constitué, pour le temps de guerre, une ressource inestimable; elle reste intéressante pour la période de transition et même quand la production sera redevenue normale; en effet, on peut espérer qu'elle fournisse sur nos côtes, par la main-d'œuvre paysanne, et sans installations coûteuses, l'équivalent d'un million de quintaux d'avoine par an.

BIOLOGIE. — *Fausse incubation chez un Eunicien.* Note (¹) de Mlle **Lucienne Dehorne**, présentée par M. Yves Delage.

Durant les mois de septembre et d'octobre, on trouve sous les pierres des grèves et des « herbiers » de Bretagne les pontes de l'*Heteronereis Malgremi*, petit Eunicien décrit par Claparède (²). Ce sont des masses glaireuses, petites, solides, très adhérentes au substratum et de forme quelconque : allongée, ovoïde ou sphérique.

Chacun de ces amas mucilagineux renferme un liquide dans lequel flottent non seulement les œufs, mais aussi la femelle qui les a pondus. L'Heteronereis ♀, ainsi incluse, paraît montrer pour les œufs de la sollicitude, voire de l'attachement.

L'étude de ce phénomène, susceptible d'être regardé comme une incubation et même comme une manifestation d'instinct maternel, fait l'objet de cette Note.

Quand on observe une ponte, on voit l'Annélide se mouvoir et tourner autour de ses œufs, comme si elle voulait en effet en assurer la protection. Soumise à une lumière vive ou à une excitation tactile, elle s'agite et paraît rechercher une issue, comme le ferait un animal inquiété qui veut fuir.

(¹) Séance du 23 décembre 1918.

(²) E. Claparède, *Annélides Chétopodes du golfe de Naples*, 1886.

Cependant si l'on pratique alors un orifice dans la coque mucilagineuse de la ponte, on n'amène pas la sortie de l'Heteronereis. Tout au plus et grâce à des excitations violentes l'amène-t-on à projeter au dehors la partie antérieure de son corps; mais elle la rentre aussitôt. Et il en est toujours ainsi, au cours des diverses expériences qui ont été tentées; l'Heteronereis ♀ n'abandonne jamais ses œufs.

Le phénomène observé serait donc une incubation; en outre, l'expérimentation semblerait établir avec certitude l'existence d'un instinct maternel chez l'Annélide incubatrice.

Mais de même que le fait, pour un animal, de porter ses œufs n'assure pas nécessairement leur sécurité, la présence de l'Heteronereis ♀ à l'intérieur de sa ponte ne constitue pas davantage un moyen de protection pour sa progéniture; il est même possible que cette présence ne soit aucunement profitable à son développement : au cours de l'expérience expérimentale, le rôle que peut jouer l'Heteronereis ♀ vis-à-vis de ses œufs se révèle constamment funeste; en se servant, pour se mouvoir, des embryons comme points d'appui, elle déchire de ses soies leur revêtement ectodermique. Il ne semble pas, évidemment, que les Heteronereis incubatrices se trouvent jamais soumises aux conditions particulières dans lesquelles nous les plaçons pour l'observation. Toutefois, elles conservent une vivacité d'allure qui permet de supposer qu'elles réagissent toujours avec intensité aux excitations, et dans les conditions naturelles celles-ci ne doivent pas manquer de se produire.

Il s'agit donc de connaître ce qui détermine l'annélide à rester auprès de ses œufs.

L'observation montre que l'inclusion de l'Heteronereis ♀ à l'intérieur de sa ponte est fortuite, et constamment fortuite, et qu'elle ne peut y échapper. Ce fait résulte des phénomènes sécrétoires qui accompagnent la ponte et de la conformation du système reproducteur femelle dont l'extension est considérable : presque tous les segments du corps sont en effet transformés en segments ovigères. Durant l'expulsion des œufs, les glandes des orifices oviductaires sécrètent un mucus abondant et l'annélide se trouve enveloppée d'un fourreau gélatineux qui tend peu à peu à se refermer autour d'elle. Cette enveloppe est distendue par un liquide qui provient des organes oviducteurs (1). L'Heteronereis ♀ subit ainsi

(1) Lucienne Dehorne, *Ponte et fécondation des œufs chez la* Myrianida pinnigera (*Bull. scient. France-Belg.*, 1918).

un véritable emprisonnement. Il ne s'agit donc pas d'une incubation.

Cependant, l'annélide ♀, qu'on délivre, ne quitte pas la coque ovigère. Quel est le déterminisme de cet attachement?

Le nouvel habitat auquel elle s'est adaptée constitue-t-il un milieu spécial? L'étude expérimentale montre qu'il n'en est rien; la composition du liquide de la coque ovigère est voisine de celle de l'eau de mer.

L'attitude de l'Heteronereis ♀, indiquant nettement une préférence pour l'abri qu'elle habite, n'est pas sans offrir quelque analogie avec celle de certaines Annélides tubicoles, notamment celle des tubicoles déformées par l'habitat.

Mais la déformation ne pouvant être invoquée ici, on peut se demander s'il ne s'agit pas de cette inaptitude caractéristique à vivre hors de l'abri (1), que présentent certaines Annélides tubicoles, qui ne sont pas déformées, mais qui ne possèdent pas la faculté de reconstruire un nouvel abri. On voit, au contraire, les Annélides tubicoles qui peuvent se construire de nouveaux tubes, quitter très facilement, on pourrait presque dire spontanément, celui qu'elles occupent, sous l'effet d'une excitation minime; toutes les espèces néreidiennes sont dans ce cas. Or, les *Heteronereis Malgremi* mûres n'habitent jamais de tube. Perdraient-elles, lorsqu'elles parviennent à la maturité sexuelle, la faculté de sécréter cette mucosité pharyngienne qui sert à la fabrication de leurs tubes membraneux? Ou bien les femelles, devenues prisonnières de leurs pontes, perdent-elles l'aptitude à la construction de ces tubes comme elles perdent l'aptitude à se nourrir? Ces deux fonctions sont vraisemblablement liées puisque, pour les deux, le tube digestif est en cause. D'une façon ou d'une autre, les Heteronereis ♀, prisonnières de leurs pontes, se trouvent dans le cas des Annélides tubicoles, impuissantes à se reconstruire de nouveaux abris.

En outre, les femelles de l'*Heteronereis Malgremi* présentent une adaptation à l'état de réclusion pour une période déterminée; période dont le terme coïncide sensiblement avec la libération des embryons, devenus aptes à la vie libre. Cette disposition est héréditaire.

Enfin il convient de mettre en parallèle, les *Sacconereis* syllidiennes et les femelles de l'*Heteronereis Malgremi*. Elles ont en commun :

1° Le *sac incubateur*. Chez les unes (Sacconereis) il intéresse seulement

(1) Ainsi qu'il résulte de mes propres observations.

la région ventrale; chez les autres (*Heteronereis Malgremi* ♀) il englobe le corps maternel tout entier.

2° L'*aptitude à vivre sans se nourrir*.

3° L'*habitus sédentaire;* toutes deux conservent cependant une *égale vivacité de réaction* à toutes les excitations.

Seulement chez les Syllidiens à sac ovigère, les Myrianides, par exemple, c'est l'*appareil reproducteur seul* qui, se libérant sous la forme de *Sacconereis*, est soumis aux phénomènes que l'on observe chez l'*Heteronereis Malgremi* ♀.

Chez cette dernière, l'appareil reproducteur intéressant tout l'individu, c'est l'individu tout entier qui acquiert une physionomie biologique nouvelle.

ERRATA.

(Séance du 9 novembre 1917.)

Remercîments de M. *J.-A. Battandier* pour son élection comme Correspondant :

Page 942, ligne 6, *au lieu de* Médecine et Chirurgie, *lire* Botanique.

La séance est levée à 16 heures et quart.

A. Lx.

FIN DU TOME CENT-SOIXANTE-SEPTIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1918.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 167.

A

ANATOMIE.

CHIMIE ANALYTIQUE.

CHIMIE BIOLOGIQUE.

CHIMIE INORGANIQUE.

CHIMIE ORGANIQUE.

CHIMIE PHYSIQUE.

ÉLECTRICITÉ.

F

G

H

I

M

MATHÉMATIQUES.

MÉCANIQUE.

MÉDECINE.

N

O

P

PALÉONTOLOGIE.

PHYSIOLOGIE.

PHYSIQUE.

R

S

T

V

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

V

W

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
62278-20 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.